MANUAL DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO DE BARRAGENS

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL
SECRETARIA DE INFRA-ESTRUTURA HÍDRICA

PROÁGUA / SEMI-ÁRIDO – UGPO
Departamento de Projetos e Obras Hídricas – DPOH

Brasília - DF
Julho / 2002

Manual de Segurança e Inspeção de Barragens

APRESENTAÇÃO

As barragens são obras geralmente associadas a um elevado potencial de risco devido à possibilidade de um eventual colapso, com conseqüências catastróficas para as estruturas das próprias barragens, ao meio ambiente, com destruição da fauna e flora, e, principalmente, pela perda de vidas humanas.

O Brasil, por contar com vastos recursos hídricos, possui um número expressivo de barragens. Felizmente, têm ocorrido poucos acidentes, de conseqüências limitadas, uma vez que são raros os causados pela natureza. A isso soma-se o excelente padrão técnico de nossas obras.

Entretanto, estes fatores não devem ser motivo de despreocupação de nossa parte. Ao contrário, devemos estar sempre atentos quanto às condições de segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando reparos, restrições operacionais e/ou modificações quanto às analises e aos estudos para determinar as soluções adequadas.

Este Manual de Segurança de Barragens, elaborado pelo Ministério da Integração Nacional, torna-se oportuno por estabelecer parâmetros e um roteiro básico para ajudar, além dos órgãos do Governo vinculados ao Ministério da Integração Nacional, os proprietários particulares na construção de novas barragens e na reabilitação das já existentes, visando à sua operação e manutenção em condições de segurança.

Luciano Barbosa
Ministro da Integração Nacional

SUMÁRIO EXECUTIVO

SUMÁRIO EXECUTIVO

O objetivo principal deste *Manual de Segurança de Barragens* é estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos de segurança a serem adotados em novas barragens, quaisquer que sejam seus proprietários, e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu interesse social e de desenvolvimento.

O Ministério da Integração Nacional – MI, utilizou o *Guia Básico de Segurança de Barragens*, elaborado pelo Comitê Brasileiro de Barragens, como bibliografia básica para elaboração deste *Manual* devido ao fato de considerá-lo abrangente e por ter sido fruto do esforço consolidado de profissionais experientes e altamente qualificados da área. Entretanto, o grupo de trabalho reunido pelo MI introduziu algumas contribuições ao *Guia,* o que gerou um produto diferenciado em relação à bibliografia existente sobre o assunto.

Os capítulos iniciais, até o capítulo 5, versam sobre definições e generalidades, apontando as responsabilidades do proprietário da barragem. Esses capítulos estabelecem critérios de classificação para as barragens, as quais devem ser enquadradas quanto às conseqüências de uma ruptura ou dano em potencial. Todas as barragens devem ser submetidas periodicamente a uma reavaliação de suas condições de segurança, segundo sua classificação quanto às conseqüências de ruptura.

O Capítulo 6 pondera sobre a operação, manutenção e inspeção de barragens.

As equipes de operação e manutenção das barragens devem ser treinadas e dispor de um plano de procedimentos de emergência para orientação em casos extremos – tais como a passagem de cheias excepcionais – que contemple, pelos menos:

- Como proceder em resposta aos alertas da instrumentação;
- O que fazer para manter a população mobilizada;
- Quais as providências a serem tomadas contra danos patrimoniais e ambientais.

As eventuais obras de reparo ou de manutenção recomendadas nas inspeções, deverão ser implementadas com a máxima brevidade possível, bem como as providências e recomendações devem ser registradas.

Os capítulos de 7 a 10 tratam dos procedimentos de emergência, que deverão ser adotados nos casos de ocorrência de sismos e cheias, e da instrumentação de controle. As barragens deverão ser dotadas de um plano de emergência, objetivando a preservação das pessoas residentes a jusante, em caso de acidente. Toda barragem deve ser instrumentada, de acordo com seu porte e riscos associados e ter os dados analisados periodicamente com a realização das leituras. Todos os instrumentos devem ser dotados de valores de controle ou limites.

Os capítulos 11 e 12 traçam considerações e requisitos necessários acerca de segurança de barragens de terra e das estruturas de concreto. Considerações especiais sobre barragens de rejeitos são descritas no capítulo 14.

O capítulo 13 aborda os efeitos do meio ambiente sobre a segurança de barragens e indica os principais fatores responsáveis por esses efeitos.

Em todos estes capítulos foram introduzidas tarefas de adaptação e incorporação de experiências do grupo de trabalho que atuou na elaboração do *Manual*. A maior parte do texto apresentado é originário *do Guia de Segurança de Barragens*.

O capítulo 15 versa sobre inspeções para a avaliação da segurança de barragens, cujo objetivo é determinar as condições relativas à segurança estrutural e operacional das barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações quanto análises e estudos para determinar as soluções dos problemas. Já o capítulo 16 descreve os procedimentos a serem seguidos por ocasião da visita de inspeção, por meio de uma sugestão de lista de verificações.

Foram introduzidos anexos de forma a auxiliar o pessoal responsável pela segurança e inspeção de barragens na condução de mecanismos que permitam classificar as barragens quanto ao potencial de risco, exemplificar as principais ocorrências de anomalias, estabelecer modelos para inspeção e um Plano de Ação Emergencial.

MANUAL DE SEGURANÇA E INSPEÇÃO DE BARRAGENS

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

Em cumprimento às recomendações emanadas da reunião plenária do *Seminário Situação e Propostas para o Desenvolvimento da Infra-Estrutura Hídrica Nacional*, ocorrido nos dias 04 e 05/10/2001, em Juazeiro (BA), o Ministério da Integração Nacional – MI, por meio de seu Secretário de Infra-Estrutura Hídrica, Jesus Alfredo Ruiz Sulzer, iniciou as discussões para elaboração de um manual de segurança de barragens a ser empregado nas obras do MI. Entretanto, o manual elaborado poderá servir de roteiro para ajudar, além dos órgãos do governo vinculados ao MI, também os proprietários particulares na construção de novas barragens e na reabilitação das já existentes, visando a sua operação e manutenção em condições de segurança adequada.

Foram nomeados Lázaro Luiz Neves da UGPO/PROÁGUA/Semi-Árido e Cristiano César Aires Rocha, da SIH, para coordenarem a elaboração do *Manual*. Os coordenadores e colaboradores reuniram-se num grupo de trabalho, que desenvolveu tarefas de adaptação e incorporação de suas experiências ao *Guia Básico de Segurança de Barragens*, elaborado pelo Comitê Brasileiro de Barragens. Os seguintes profissionais compuseram o grupo de trabalho:

- Cristiano César Aires Rocha
  Gerente de Projetos II – EAP do DPOH/SIH/MI
- Lázaro Luiz Neves
  Consultor da UGPO/PROÁGUA/Semi-Árido
- Maria Inês Muanis Persechini
  Consultora da UGPO/PROÁGUA/Semi-Árido
- Francisco Andriolo
  Consultor da UGPO/PROÁGUA/Semi-Árido
- Peter J. Hradilek
  Chefe da equipe do Bureau of Reclamation
- Ronny José Peixoto
  Engenheiro da CODEVASF
- Maria Zita Timbó Araújo
  Engenheira do DNOCS
- Rogério de Abreu Menescal
  Diretor de Operações da COGERH/CE (atualmente Gerente Executivo da Superintendência de Fiscalização da ANA)

O grupo de trabalho responsável pela elaboração deste documento, expressa os seus agradecimentos à *Comissão Regional de Segurança de Barragens* de São Paulo, formada pelo Núcleo Regional de São Paulo/1999 do Comitê Brasileiro de Barragens, pela autorização de uso de seu *Guia Básico de Segurança de Barragens,* como documento base na elaboração do presente *Manual de Segurança de Barragens;* ao *Bureau of Reclamation*; à *Canadian Dam Association;* e à COGERH/CE, por colocarem à disposição seus materiais sobre o assunto.

O uso de critérios diferentes dos especificados neste *Manual* pode eventualmente ser necessário, levando-se em conta as condições específicas de algumas barragens, para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

Destacamos que uma versão preliminar desse *Manual* foi divulgada aos órgãos responsáveis pela segurança de barragens no País para comentários e essa versão final surgiu após a compilação das sugestões recebidas.

2. OBJETIVO

Estabelecer parâmetros e um roteiro básico para orientar os procedimentos de segurança a serem adotados em novas barragens, quaisquer que sejam seus proprietários, e manter as já construídas em um estado de segurança compatível com seu interesse social e de desenvolvimento.

Pretende-se, também:

- Definir requisitos mínimos de segurança;
- Uniformizar os critérios empregados na sua avaliação;
- Permitir uma supervisão consistente, da segurança de barragens, de modo a conduzir à execução de melhorias, que contribuam para o aumento da segurança dessas estruturas;
- Contribuir para a legislação e regulamentação da segurança de barragens, em âmbito nacional.

3. DEFINIÇÕES, CONCEITOS E RESPONSABILIDADES

O presente trabalho descreve os principais desafios que se apresentam para as equipes de operação e manutenção de segurança de barragens e estruturas associadas. Pouco adianta a leitura e análise de dados da instrumentação, à exceção de inspeções periódicas e à manutenção de arquivos com dados históricos de cada estrutura, se as medidas corretivas que se fizerem necessárias para restabelecer as condições de segurança não forem implementadas.

3.1 Geral

O proprietário (e o concessionário, quando designado) é o responsável pela segurança da barragem em todas as fases, isto é, construção, comissionamento, operação e eventual abandono, respondendo pelas conseqüências de eventuais incidentes e acidentes.

Todas as barragens devem ser classificadas quanto às conseqüências de uma ruptura ou dano em potencial, em que devem ser considerados, entre outros, os seguintes fatores:

- Aspectos Sociais
- Aspectos Ambientais
- Aspectos Estruturais
- Aspectos Econômicos

Todas as barragens devem ser inspecionadas periodicamente para detectar eventuais deteriorações e recomendar ações remediáveis:

- Inspeções de Rotina
- Inspeções Formais
- Inspeções de Especialistas
- Inspeções de Emergência

Toda barragem deve ser instrumentada de acordo com seu porte e riscos associados e ter os dados analisados periodicamente com a realização das leituras. Todos os instrumentos devem ser dotados de valores de controle ou limites.

Todas as barragens devem ser submetidas periodicamente a uma reavaliação de suas condições de segurança, segundo sua classificação quanto às conseqüências de ruptura.

As eventuais obras de reparo ou de manutenção recomendadas nas inspeções, deverão ser implementadas com a máxima brevidade possível, bem como, as providências e recomendações devem ser registradas.

As equipes de operação e manutenção das barragens devem ser treinadas e dispor de um plano de procedimentos de emergência para orientação em casos extremos – tais como a passagem de cheias excepcionais – que contemple, pelo menos:

- Como proceder em resposta aos alertas da instrumentação;
- O que fazer para manter a população mobilizada;
- Quais as providências a serem tomadas contra danos patrimoniais e ambientais.

As barragens deverão ser dotadas de um plano de emergência, objetivando a segurança das pessoas residentes a jusante, em caso de acidente.

Este *Manual* não pretende substituir especificações, projetos de reabilitação ou construção, ele não deve compartilhar responsabilidade com as designações de projeto, dos construtores e montadores, e nem deve ser utilizado como manual de instrução para pessoas não-atuantes no ramo da Engenharia Civil.

O uso de critérios diferentes dos aqui indicados podem eventualmente ser apropriados ou mesmo necessários, conforme condições específicas de alguns empreendimentos e visando, muitas vezes, à aplicação de novos conhecimentos, de técnicas melhoradas de projeto, construção e de avaliação da segurança de barragens.

A responsabilidade quanto à interpretação apropriada, à verificação e aplicação deste *Manual* é dos engenheiros empenhados no gerenciamento de segurança de barragens e das organizações ou empresas que os empregam ou contratam.

3.2 Glossário

Acidente: Evento correspondente à ruptura parcial ou total da obra e/ou sua completa desfuncionalidade, com graves conseqüências econômicas e sociais.

Agências Regulamentadoras: Normalmente um ministério, secretaria, departamento ou outra unidade do Governo Federal ou Estadual, autorizado por lei ou ato administrativo, para a supervisão geral de projetos, construção, operação e segurança de barragens e reservatórios, bem como qualquer entidade para a qual a totalidade ou parte das tarefas e funções quer executivas, quer operacionais tenha sido delegada pelo poder legalmente constituído.

Bacia de Contribuição: Área da superfície que é drenada para um ponto específico, tal como um reservatório, também conhecida como bacia hidrográfica ou área da bacia hidrológica.

Barragem: Estrutura construída transversalmente a um rio ou talvegue com a finalidade de obter a elevação do seu nível d' água e/ou de criar um reservatório de acumulação de água seja de regulação das vazões do rio, seja de outro fluido.

Barragem de Rejeitos: Barragem construída para reter rejeitos ou materiais estéreis de mineração e de outros processos industriais.

Borda Livre: Distância vertical entre a maior cota da superfície da água junto à barragem e a cota mais baixa do topo de uma barragem ou outra estrutura de contenção.

Capacidade do Reservatório: Capacidade bruta total do reservatório em seu nível máximo de armazenamento.

Cheia Afluente de Projeto (CAP): Cheia afluente (volume, pico, forma, duração, sincronismo) para a qual a barragem, e suas estruturas associadas, são projetadas.

Cheia Máxima Provável (CMP): Estimativa hipotética da cheia (fluxo de pico, volume e forma da hidrografia) que é considerada como a condição mais severa "fisicamente

possível de ocorrer” numa determinada localidade e época do ano, com base em uma análise hidrometeorológica relativamente pormenorizada de uma precipitação crítica que resulte em escoamento, e de fatores hidrológicos favoráveis a um escoamento máximo da cheia.

Confiabilidade: Probabilidade de desempenho satisfatório de um dado elemento do empreendimento.

Conseqüência de Ruptura: Impactos a montante e a jusante da barragem, resultantes da sua ruptura ou das estruturas associadas. Uma escala de conseqüências adversas que poderiam ser causadas pela ruptura de uma barragem, pode ser utilizada para classificação.

Conseqüências Incrementais da Ruptura: Perdas incrementais ou danos que a ruptura da barragem pode infligir às áreas a montante, a jusante ou à estrutura da barragem, adicionais a quaisquer perdas que poderiam ter ocorrido para o mesmo evento natural, ou condição, caso a barragem não tivesse rompido.

Crista da Barragem: Cota da superfície superior da barragem, não se levando em conta qualquer abaulamento, meio-fio, parapeitos, defensas ou outras estruturas que não sejam parte da estrutura principal do barramento de água.

Crista do Vertedouro: Parte superior da seção vertente do vertedouro.

Dique Auxiliar: Barramento de qualquer tipo, construído numa sela topográfica ou ponto de cota baixa no perímetro do reservatório.

Emergência: Em termos de operação de barragens, qualquer condição que coloque em risco a integridade da barragem e de vidas ou propriedades a jusante, e requeira uma intervenção imediata.

Estruturas Associadas: Estruturas e equipamentos locais, que não façam parte da barragem propriamente dita. Incluem estruturas tais como torres de tomada d’água, a casa de força, túneis, canais, condutos forçados, descargas de fundo, bacias de amortecimento, poços, galerias, mecanismos de acionamento de comportas etc.

Evento Extremo: Um evento que possui uma probabilidade de excepcionalidade anual muito pequena.

Fundação: Maciço de rocha e/ou solo que forma a base de assentamento para uma barragem, dique e suas estruturas associadas.

Incidente: Evento físico indesejável que prejudica a funcionalidade e/ou a inteireza da obra, podendo vir a gerar eventuais acidentes, se não for corrigido a tempo.

Inspeção: Inspeção da barragem, diques e estruturas associadas, e suas fundações com a finalidade de se observar as suas condições e desempenho.

Nível D’Água de Jusante: Nível da água imediatamente a jusante da barragem.

Nível Máximo Normal: Cota da superfície da água em seu nível máximo normal de operação em um reservatório.

Ombreira: Parte da encosta contra a qual a barragem é construída.

Dispositivos de Descarga: Combinação de estruturas de tomada d’água, condutos, túneis, dispositivos de controle de fluxo e dissipação de energia, que permitam a liberação da água do reservatório de uma barragem.

Pé da Barragem: Junção da face jusante (ou montante) da barragem, com a superfície de fundação.

Plano de Ação Emergencial (PAE): Documento que contém os procedimentos para atuação em situações de emergência, bem como os meios de comunicação e os mapas de inundação que mostrem os níveis d’água de montante e jusante e os tempos de chegada das ondas de cheia, que poderiam resultar da ruptura da barragem ou de suas estruturas associadas.

Precipitação Máxima Provável (PMP): Maior precipitação pluviométrica para uma dada duração meteorologicamente possível, para uma dada área de tormenta em uma localização específica, em uma determinada época do ano sem levar em consideração tendências climáticas de longa duração. A **PMP** é uma estimativa e um limite físico conectado à precipitação que a atmosfera pode produzir.

Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA): Probabilidade de que um evento de magnitude específica seja igualado ou superado em qualquer ano.

Proprietário: Pessoas físicas ou jurídicas, incluindo uma companhia, organização, unidade governamental, concessionária, permissionária ou autorizada, corporação ou outra entidade, que detenha quer uma concessão, permissão, autorização ou licença governamental para operar a barragem, quer um título de propriedade legal sobre o local do barramento, barragem e/ou reservatório, o qual é responsável pela sua segurança.

Reavaliação da Segurança da Barragem: Uma reavaliação formal, pormenorizada, executada a intervalos regulares, para determinar qual o nível de segurança da barragem.

Reservatório: Lago ou volume de água acumulada por uma ou mais barragens e/ou diques, limitado por suas margens.

Perigo Potencial: Ameaça ou condição em potencial que pode resultar de uma causa externa, por exemplo, as cheias, com possibilidade de criar conseqüências adversas.

Risco: Probabilidade e severidade de um efeito adverso para a saúde, para a propriedade ou para o meio ambiente. O risco é estimado por expectativas matemáticas das conseqüências de um evento adverso.

Ruptura da Barragem: Perda da integridade estrutural, podendo ocorrer uma liberação incontrolável do conteúdo de um reservatório, ocasionada pelo colapso da barragem ou alguma parte dela.

Segurança: Capacidade da barragem para satisfazer as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes que se referem a aspectos estruturais, econômicos, ambientais e sociais.

Sismo Máximo de Projeto (SMP): O sismo que resultaria da mais severa movimentação da fundação que a estrutura da barragem pode ser capaz de resistir, sem uma liberação incontrolável de água do reservatório.

Sismo Previsível Máximo (SPM): O maior sismo passível de ocorrer ao longo de uma falha reconhecível ou dentro de uma região tectônica geograficamente definida.

Tempo de Recorrência: Recíproca da Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA). Por um longo período de registro, o período de recorrência equivale ao tempo médio decorrido entre ocorrências de um evento igual ou superior a uma certa magnitude específica.

Vertedouro Sangradouro: Estrutura projetada somente para permitir descargas d'água do reservatório, tais como soleira vertente, canal, túnel etc.

4. GENERALIDADES

4.1 Introdução

Uma barragem segura é aquela cujo desempenho satisfaça as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes que se referem a aspectos estruturais, econômicos, ambientais e sociais.

A segurança das barragens existentes deve ser avaliada regularmente pelas reavaliações de segurança de todas as estruturas e instalações. A segurança de uma barragem pode ser garantida por:

- Correção de qualquer deficiência prevista ou constatada;
- Operação segura, continuada, manutenção e inspeção (item 6);
- Preparação adequada para emergências (item 7).

4.2 Aplicabilidade do Manual de Segurança de Barragens

Os requisitos técnicos e as diretrizes aqui apresentadas são direcionados para barragens em que as conseqüências da ruptura incluem a possível perda de vidas ou danos adicionais aos domínios do proprietário. Deve-se prever reavaliações regulares das conseqüências de uma ruptura de barragem, na medida em que as conseqüências da ruptura possam mudar, por exemplo, devido a alterações no uso de terras a jusante.

Este *Manual* deve ser utilizado obrigatoriamente para barragens destinadas a reter e/ou represar água ou rejeitos, independentemente do material com que foram ou serão construídas, e que tenham:

- Altura superior a 15 (quinze) metros, do ponto mais baixo da fundação à crista; ou
- capacidade total de acumulação do reservatório igual ou maior que 1 (um) milhão de metros cúbicos.

Este *Manual* pode também ser aplicado em barragens que não se enquadrem na definição acima, mas que possam provocar danos em caso de ruptura ou acidente.

4.3 Responsabilidade pela Segurança da Barragem

CONDIÇÃO RELEVANTE: *A responsabilidade por todos os aspectos relacionados à segurança de barragens deve ser claramente definida.*

O proprietário da barragem tem, em última instância, a responsabilidade por todos os aspectos relacionados a sua segurança. O proprietário deve assegurar que a operação da barragem e a sua manutenção sejam executadas por pessoas que tenham conhecimento e habilitação para tal. Iniciativas apropriadas devem ser tomadas com relação ao treinamento do quadro de pessoal.

O proprietário da barragem deve assegurar que as reavaliações de segurança da barragem, bem como os aperfeiçoamentos, sejam conduzidos sob a direção de engenheiros qualificados para tal. Todas as reavaliações de segurança da barragem, investigações, análises e melhorias devem utilizar métodos que sejam compatíveis com os requisitos exigidos por este *Manual*.

CONDIÇÃO RELEVANTE: *Quando a posse de uma barragem for transferida, as partes devem coletar e reunir toda a documentação técnica existente, especialmente aquela contendo os dados e eventuais preocupações concernentes à sua segurança. A responsabilidade pela continuidade ou criação da supervisão das condições de segurança da barragem deve ser claramente definida.*

A transferência de documentação deve incluir as seguintes informações, caso disponíveis:

- Resultados de investigações das fundações;
- Detalhes de projeto e plantas de “como construído”;
- Registros da fase construtiva;
- Manuais de operação;
- Registros da instrumentação;
- Relatórios de inspeção;
- Relatórios de segurança;
- Relatórios ambientais;
- Estudos de inundação e planos para situações de emergência.

4.4 Classificação das Barragens

A posse de barragens de "Conseqüência Alta" e "Muito Alta", conforme a tabela 4.1, deve ser transferida apenas se o novo proprietário tiver recursos adequados para monitorar e manter a barragem, assim como para realizar reparos ou melhorias necessários. O novo proprietário deve estar ciente da responsabilidade que está assumindo.

***CONDIÇÃO RELEVANTE:** Toda barragem deve ser classificada em termos de previsão quanto às conseqüências da ruptura. Cada estrutura de barramento, incluindo os diques e barragens auxiliares, deve ser classificada separadamente.*

Cada barragem deve ser classificada de acordo com as conseqüências de sua ruptura. A classificação constitui a base para a análise da segurança da barragem e para fixar níveis apropriados de atividades de inspeção. A tabela 4.1 apresenta o sistema de classificação mais comumente aceitável, que está baseado no potencial de perda de vidas e nos danos econômicos associados à ruptura da barragem. Este sistema de classificação é usado para relacionar as conseqüências da ruptura aos requisitos constantes nos capítulos de 5 a 13.

Sistemas alternativos de classificação podem ser adotados, para interpretar e distinguir os requisitos para observação de barragens e para as inspeções de segurança, de acordo com o estabelecido nos capítulos 5 e 6 deste *Manual*. Tais sistemas de classificação devem incorporar as características físicas da barragem, suas condições e percepção de risco de ruptura em potencial, bem como as conseqüências que advenham desta ruptura. Um sistema alternativo para Avaliação do Potencial de Risco encontra-se no anexo A.

As estruturas associadas podem ser classificadas separadamente. Deste modo, os diques e barragens auxiliares poderiam ser de categorias diferentes com relação à barragem, dependendo das conseqüências da ruptura. No caso de considerar-se sistemas de alerta, para redução do potencial de perda de vidas, a confiabilidade de tais sistemas deve ser incorporada em todas as análises e avaliações.

As categorias de conseqüências, relacionadas na tabela 4.1, são baseadas no incremento de perdas que uma ruptura pode infligir às áreas a montante ou jusante, ou ainda à própria barragem.

A diferenciação entre as categorias de conseqüências e o relacionamento com os requisitos de segurança é sugerida, para refletir os valores e prioridades da sociedade na alocação e distribuição de recursos e fundos a serem utilizados na proteção e salvamento de vidas, e para a salvaguarda de propriedades.

As "conseqüências incrementais" da ruptura de uma barragem devem ser avaliadas em termos de:

- Perda de vidas;
- Valor econômico de outras perdas e/ou danos a propriedades, instalações, outras barragens, bem como a perda na geração de energia e fornecimento de água. Onde apropriado, outros custos de impacto social e ambiental devem ser considerados;
- Outras conseqüências menos quantificáveis relacionadas a impactos sociais, e ambientais, que não possam ser avaliadas economicamente, podem exigir condições baseadas no local específico da ocorrência.

As conseqüências mais severas devem prevalecer. Por exemplo, se as perdas econômicas forem "Muito Altas" e a perda de vidas for "Alta", a barragem deveria ser classificada como barragem de conseqüências de ruptura "Muito Alta".

A avaliação do potencial de perdas, com ou sem a ruptura da barragem, deve ser baseada em estudos de inundação, e deve considerar o desenvolvimento existente e o previsto, na utilização das terras a jusante. Ao mesmo tempo, o estudo apropriado do nível de inundação deverá depender das conseqüências potenciais da ruptura. Para as barragens em que houver incertezas acerca das conseqüências de seu colapso, deve-se utilizar uma análise simplificada e conservadora, quanto às previsões preliminares. Se esta análise demonstrar um certo potencial de risco, uma análise mais sofisticada deve então ser adotada. No caso de barragens nas quais as

conseqüências de ruptura recaiam claramente dentro da categoria “Muito Baixa”, um estudo formal de inundação não será necessário.

Um detalhamento do nível estimado no incremento das conseqüências da ruptura pode ser apropriado para uma barragem ser classificada na categoria de “Baixa Conseqüência”. Entretanto, se a barragem é passível de ser classificada em uma categoria de conseqüência “Alta”, ou “Muito Alta”, a avaliação das conseqüências incrementais da ruptura deve basear-se em análises específicas do local e podem necessitar de investigações detalhadas.

TABELA 4.1
CLASSIFICAÇÃO DA CONSEQÜÊNCIA DE RUPTURA DE BARRAGENS
POTENCIAL CONSEQÜÊNCIA INCREMENTAL DA RUPTURA[a]

Conseqüência de Ruptura	Perdas de Vidas	Econômico, Social e Danos Ambientais
Muito Alta	Significativa	Dano excessivo
Alta	Alguma	Dano substancial
Baixa	Nenhuma	Dano moderado
Muito Baixa	Nenhuma	Dano mínimo

[a] *Os critérios de classificação de categorias de danos econômicos e ambientais devem ser baseados nas conseqüências das perdas em relação à região afetada.*

4.5 Seleção do Critério de Segurança

CONDIÇÕES RELEVANTES:
A barragem, ao longo de suas fundações e ombreiras, deve possuir estabilidade adequada para suportar com segurança os carregamentos extremos, bem como as cargas normais do projeto.
A seleção do critério de segurança para carregamentos extremos, deve-se basear nas conseqüências da ruptura da barragem.

Métodos para se determinar apropriadamente os carregamentos normais de projeto e os fatores de segurança, estão cobertos nos capítulos de 8 a 12 deste documento. Os capítulos 8 e 9 versam sobre carregamento por sismos e cheias, respectivamente

Para selecionar os critérios característicos dos eventos extremos, pode-se usar uma consideração baseada no risco. O princípio é que uma barragem, cuja ruptura possa causar um dano excessivo ou a perda de muitas vidas, deve ser projetada para um padrão de segurança proporcionalmente mais alto do que o de uma barragem cuja ruptura resulte em menos danos ou menor perda de vidas. Na avaliação da segurança de uma barragem existente, os métodos probabilísticos de análise de riscos podem auxiliar na verificação de que fatores qualitativos – tais como erosão interna, bloqueamento de vertedouro por entulhos –, não sejam omitidos e que eles recebam uma atenção equiparável à sua contribuição para a probabilidade de ruptura. O nível de segurança de uma barragem pode, algumas vezes, ser melhorado pela adoção, nas avaliações, de condições menos severas, porém mais prováveis, do que aquelas associadas a tais eventos extremos, como a Cheia Máxima Provável (CMP).

Os critérios para eventos extremos que não sejam cheias e sismos, devem ser coerentes com os níveis requeridos para cheias e sismos.

4.6 Descomissionamento e Abandono

CONDIÇÃO RELEVANTE: *Uma barragem deve ser descomissionada ou abandonada, apenas quando todos os requisitos do plano de descomissionamento ou abandono forem executados.*

Uma barragem é considerada descomissionada caso ela não seja mais utilizada para os propósitos de capacitar a acumulação ou desvio de água (ou qualquer outra substância), ou se ela tiver sido removida ou demolida.

Antes do descomissionamento ou abandono, o proprietário deve preparar um estudo detalhado para a retirada da barragem de serviço, indicando medidas necessárias para a segurança, com uma especial atenção voltada à capacidade de descarga das estruturas vertentes. A possibilidade de se expor qualquer estrutura remanescente a carregamentos ou combinação de carregamentos não previstos no projeto original, ou sob condições adversamente inaceitáveis, deve ser verificada em detalhes.

O descomissionamento não pode resultar em abandono da barragem. Caso esta não tenha sido totalmente removida e/ou demolida, ainda assim pode requerer inspeções periódicas. A necessidade de inspeções subseqüentes, deve ser determinada antes do descomissionamento.

As possíveis conseqüências do descomissionamento, incluindo a operação e a segurança das barragens e reservatórios a jusante, devem ser examinadas com uma atenção especial voltada aos aspectos relacionados a emergências e à subseqüente necessidade de se elaborar planos de preparação para condições de emergências.

Uma barragem somente poderá ser abandonada se parte suficiente de sua estrutura tiver sido removida, a ponto de torná-la incapaz de acumular um reservatório que possa representar ameaça para os habitantes, propriedades ou ao meio ambiente a jusante.

De qualquer modo, o proprietário da barragem deve trabalhar intimamente ligado às agências ou autoridades governamentais, a fim de cumprir os requisitos, interesses ou implicações legais.

CONDIÇÕES RELEVANTES:

A demolição de uma barragem, ou a remoção de qualquer de suas estruturas associadas, deve basear-se em práticas seguras e ser executada sem o aumento do risco de ruptura das estruturas remanescentes e associadas, não causando impactos adversos a jusante da barragem.
As operações de demolição não podem resultar em bloqueamento ou redução na descarga segura de cheias naturais.
Estruturas remanescentes, após o descomissionamento, não podem infligir um risco inaceitável à saúde e segurança pública ou ao meio ambiente.

A estabilidade das estruturas remanescentes deve ser examinada levando em conta os possíveis efeitos e conseqüências de deformação excessiva, erosão ou deterioração da fundação.

Estruturas remanescentes e quaisquer materiais que nelas estejam, não devem erodir ou se mover de suas posições planejadas por efeito de eventos extremos ou esforços de desagregação contínuos aos quais estejam passíveis de serem submetidas, quando tais movimentos ou erosões possam ameaçar a saúde e segurança pública ou o meio ambiente adjacente. As conseqüências de qualquer instabilidade química e lixiviação de produtos químicos para o meio ambiente não poderão ameaçar a saúde e segurança pública ou o meio ambiente.

5. REAVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS

5.1 Geral

CONDIÇÕES RELEVANTES:
A reavaliação da segurança de barragens deve ser executada em intervalos de tempo regulares, para a barragem e suas estruturas associadas, incluindo seus planos de operação, manutenção, inspeção e de emergência, a fim de se determinar se estes são seguros em todos os aspectos e, caso não o sejam, determinar as melhorias necessárias para a segurança.
A primeira reavaliação de segurança da barragem, para uma barragem nova, deve ser completada em até 5 anos após o enchimento inicial.

A reavaliação da segurança da barragem é uma avaliação sistemática da segurança desta, por meio de inspeções pormenorizadas das estruturas, avaliação do desempenho e verificação dos registros originais de projeto e construção, para assegurar que estes obedeçam aos critérios em vigor.

Os componentes para uma reavaliação da segurança de barragem estão resumidos no item 5.2.

A reavaliação deverá ser executada por profissionais (engenheiros e geólogos) que sejam qualificados, por seu conhecimento e experiência, em projeto, construção, avaliação de desempenho e operação de barragens.

Especial atenção deve ser dedicada para aquelas áreas que apresentam, reconhecidamente, suspeita de deficiência ou que sejam cruciais para a segurança da barragem. A reavaliação deve utilizar as informações oriundas de qualquer reavaliação anterior, desde que a sua confiabilidade e validade possam ser verificadas.

No relatório de cada reavaliação deve-se fixar a data da próxima. A tabela 5.1 fornece indicativos das recomendações para os períodos de reavaliação, baseado no sistema de classificação por conseqüência de ruptura da tabela 4.1. Um sistema de classificação diferente pode ser usado, incorporando a avaliação do nível de proteção por probabilidade de ruptura da barragem, considerando fatores tais como tipo, altura e condições da barragem. Nesse caso, baseados nas condições e comportamento da barragem, os períodos apropriados de reavaliação, podem ser diferentes.

O nível de detalhes necessários para uma reavaliação da segurança da barragem, deve ser função da importância, do conservadorismo do projeto e da complexidade da barragem, bem como das conseqüências de sua ruptura.

Deve-se reavaliar periodicamente a segurança de barragens de conseqüência de ruptura “Muito Baixa”, uma vez que tal conseqüência pode mudar com o tempo e o desenvolvimento da região.

Caso ocorram mudanças significativas no comportamento da barragem ou nas condições locais (alterações significativas de projeto, eventos hidrológicos ou sismos de caráter extremo etc.) deve-se efetuar uma reavaliação da segurança.

TABELA 5.1
FREQÜÊNCIA DE REAVALIAÇÕES DA SEGURANÇA DE BARRAGENS
(Baseado no sistema de classificação de conseqüência da tabela 4.1)

CONSEQÜÊNCIA DE RUPTURA	PERÍODO ENTRE REAVALIAÇÕES
Muito Alta	5 anos
Alta	7 anos
Baixa	10 anos
Muito Baixa	10 anos

5.2 Detalhes da Reavaliação

5.2.1 Classificação da barragem

CONDIÇÃO RELEVANTE: A reavaliação deverá incluir a classificação da barragem de acordo com o descrito no item 4.4 do capítulo.

As conseqüências da ruptura de uma barragem devem ser avaliadas com base nas condições de jusante, previstas ou existentes, e na categoria por conseqüência de ruptura confirmada. Se a classificação não foi previamente determinada, ela deve ser estabelecida durante a reavaliação.

5.2.2 Inspeção do local

CONDIÇÃO RELEVANTE: A reavaliação deve incluir uma inspeção adequada do local da barragem e de suas estruturas associadas, bem como a documentação pertinente.

Devem ser incluídos na inspeção do local, a barragem, sua fundação, dispositivos de descarga, dispositivos de saída, reservatório, áreas imediatamente a jusante, dispositivos de auscultação e as vias de acesso.

O anexo B apresenta uma sugestão de roteiro e de lista de inspeção.

5.2.3 Projeto e construção

CONDIÇÃO RELEVANTE: A reavaliação do projeto e da construção deve ser suficientemente pormenorizada para verificar se as barragens, dispositivos de descarga e taludes do reservatório, satisfazem todos os requisitos de segurança atualmente aplicáveis.

A reavaliação do projeto, na medida em que registra as condições atuais da barragem em nível de "como construída", deve incluir, onde aplicável, mas não ser limitada, ao seguinte:

- Registros de construção, para determinar se a barragem foi construída em conformidade com as hipóteses de projeto e para verificar a adequabilidade da sua estrutura e dos materiais de fundação;
- Atualizar a avaliação de eventos extremos, enchentes e sismos. para os quais a barragem está projetada, levando-se em conta qualquer evento extremo que possa ter ocorrido desde o comissionamento da barragem;
- Estabilidade e adequação estrutural, resistência à percolação e erosão de todas as partes dos barramentos, incluindo-se suas fundações, bem como quaisquer barreiras naturais sob condições de carregamentos, normais e extremos;
- Capacidade de todos os canais e condutos hidráulicos para descarregar seguramente as vazões de projeto e a adequação desses condutos hidráulicos para suportar a vazão afluente de projeto e de esvaziamento dos reservatórios, caso necessário, em condições de emergências;
- O projeto de todas as comportas, válvulas, dispositivos de acionamento e controle de fluxo, incluindo-se os controles de fornecimento de energia ou de fluidos hidráulicos para assegurar a operação segura e confiável;
- Verificar a adequação das instalações para enfrentar fenômenos especiais que afetem a segurança, por exemplo, entulhos ou erosão, que podem ter sido insuficientemente avaliados na fase de projeto.

Quando a barragem estiver deteriorada devido ao envelhecimento, ou quando as informações construtivas não forem suficientes para a sua avaliação, as investigações de campo devem ser executadas para se determinar as características atuais.

A avaliação da segurança de uma barragem deverá incluir uma comparação com outras barragens similares existentes.

5.2.4 Operação

CONDIÇÕES RELEVANTES: A reavaliação deve determinar se foram elaborados, documentados e seguidos em todos os aspectos, os procedimentos seguros de operação. A adequação da documentação deve ser revista. A reavaliação deve incluir o ensaio dos equipamentos necessários para se operar os dispositivos de descarga (incluindo os equipamentos sobressalentes e de emergência, para o fornecimento de energia), que sejam necessários para a passagem segura da Cheia Afluente de Projeto (CAP).

A documentação dos procedimentos para operação segura devem constar de um Manual de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI), o qual deve estar disponível para o pessoal de operação, no local da barragem (ver capítulo 6).

Se as comportas e equipamentos de descarga tiverem sido testados e operados no decorrer do ano, uma revisão desses ensaios ou da operação, podem ser suficientes para a reavaliação.

5.2.5 Manutenção

CONDIÇÃO RELEVANTE: A reavaliação deverá atestar se todas as instalações necessárias à segurança da barragem, inclusive sua instrumentação de auscultação, são mantidas em condições satisfatórias, de acordo com os requisitos de manutenção, definidos no manual de segurança da barragem (ver capítulo 6).

5.2.6 Inspeção e monitoração do desempenho da barragem

CONDIÇÕES RELEVANTES: A reavaliação deve determinar se os métodos e a freqüência de observação e monitoração são adequados e suficientes para se detectar qualquer condição de anomalia ou instabilidade em função do tempo.
A reavaliação deve determinar se os dados de monitoração foram regularmente analisados e usados, para assegurar pronta detecção de qualquer condição potencialmente insegura na barragem, relativa aos níveis d'água e dos taludes do reservatório (ver item 6.4 do capítulo 6).

5.2.7 Plano de ação emergencial

CONDIÇÃO RELEVANTE: A reavaliação deve determinar se existe um nível apropriado de preparação para emergência, e se estes preparativos estão adequadamente documentados. A adequação dos sistemas de alerta, treinamento e planos de resposta emergencial deve ser revista, bem como o treinamento, os exercícios práticos e atualização dos planos (ver capítulo 7).

5.2.8 Fidelidade com reavaliações anteriores

CONDIÇÃO RELEVANTE: Relatórios anteriores de segurança da barragem devem ser revistos, a fim de se determinar sua concordância com as recomendações deste Manual (ver itens 5.3 e 5.4).

5.3 Relatório de segurança de barragens

CONDIÇÕES RELEVANTES: O relatório de segurança da barragem deverá abranger todos os aspectos da segurança da barragem e deverá ser preparado para documentar a reavaliação da sua segurança.
O relatório deve identificar qualquer providência adicional necessária à operação segura, manutenção e inspeção adequada da barragem.

O relatório deve quantificar as deficiências, de modo que as prioridades para implementação das medidas corretivas, possam ser rapidamente estabelecidas. Cópias do relatório devem estar disponíveis e serem encaminhadas aos órgãos reguladores.

5.4 Insuficiência dos requisitos de segurança

CONDIÇÕES RELEVANTES: Se uma barragem não apresentar os requisitos de segurança, deve-se executar melhoramentos apropriados, incluindo:

- Melhorias estruturais;
- Melhorias não estruturais;
- Recuperação de qualquer deficiência na operação, observação, inspeção ou manutenção da barragem, ou na preparação de seus operadores para condições da emergência.

Se a barragem não atender os padrões necessários de projeto e desempenho, estabelecidos nos capítulos de 7 a 12, normalmente serão necessárias melhorias na segurança.

Alternativamente, as condições de carregamento da barragem podem ser mudadas, por exemplo, rebaixando os níveis de operação permitidos do reservatório, a fim de capacitá-la a atingir os padrões.

Na eventualidade de se identificar deficiências sérias (de alto risco), podem ser necessárias medidas corretivas de caráter temporário, ou então, restrições na operação, antes da implantação das melhorias de caráter permanente na segurança da barragem.

Sendo os métodos iniciais de análise usados na inspeção ou os dados disponíveis insuficientes para se demonstrar claramente um nível aceitável de segurança na barragem, das estruturas de descarga ou níveis de reservatório potencialmente instáveis, deve-se tomar medidas adicionais para se avaliar e documentar a segurança da barragem, incluindo:

- Análises mais detalhadas e sofisticadas;
- Investigações para se obter dados mais atuais ou mais confiáveis, ao invés de assumir hipóteses simplificadoras ou pouco confiáveis.

Se os planos de emergência ou a operação, manutenção e inspeção da barragem não atingirem os padrões descritos nos capítulos 6 e 7, de um modo geral, serão necessárias melhorias. As condições relevantes identificadas no relatório da segurança de barragem para operação, manutenção e inspeção, devem ser documentadas no manual de Operação, Manutenção e Inspeção (OMI) (capítulo 6).

6. OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E INSPEÇÃO (OMI)

6.1 Geral

CONDIÇÕES RELEVANTES:
A operação da barragem, sua manutenção e inspeção devem ser executadas de modo a garantir um nível aceitável de suas condições de segurança.
Um manual de OMI deve ser preparado com a documentação de operação, manutenção e inspeção para cada uma das barragens; e deve ser implementado, seguido e atualizado a intervalos regulares. O manual deve conter informações suficientes e adequadas para permitir operar a barragem de maneira segura, mantê-la em condições seguras, e monitorar seu desempenho de modo eficiente para fornecer sinais antecipados de qualquer anomalia.

O manual de OMI deve documentar todos os requisitos para operação, manutenção e inspeção da barragem, de acordo com o estabelecido nos itens de 6.2 a 6.4. Um item de descrição geral da barragem deve ser incluído, constando tipo, tamanho, classificação de conseqüência de ruptura, idade, localização e acessos. O nível de detalhes do manual de OMI dependerá da classificação da barragem (ver item 4.4 do capítulo 4). Por exemplo, um manual bastante simples pode ser adequado para uma barragem de “Baixa Conseqüência de Ruptura”.

Além disso, ele deve estabelecer uma escala de responsabilidades e requisitos operacionais, para treinamento do pessoal nos seus vários níveis; deve conter os procedimentos e a designação de responsabilidades relativas a publicação e revisão do mesmo. As revisões, no que diz respeito a reavaliação formal de segurança deve ser validada com a aprovação do engenheiro responsável pela reavaliação. As revisões relacionadas às mudanças no quadro de pessoal, ou na estrutura organizacional, devem ser reajustadas na medida em que forem implementadas. Como padrão mínimo, o manual de OMI deve ser revisto anualmente, para assegurar que todas as atualizações quanto a pessoal e organização tenham sido registradas.

CONDIÇÃO RELEVANTE: A execução da operação, manutenção e inspeção da barragem deve ser feita por pessoal qualificado e treinado para tal fim.

Os encargos e qualificações necessários aos operadores, com relação à segurança da barragem, devem ser definidos de acordo com as áreas apropriadas de envolvimento. A descrição deve incluir detalhes adequados dos programas de treinamento.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Devem ser mantidos registros adequados.

Um arquivo permanente deve ser mantido, contendo informações e anotações apropriadas para cada barragem, tais como:

- Dados hidrometeorológicos;
- Mudanças nos procedimentos de operação;
- Eventos, condições ou atividades não usuais;
- Atividades não usuais de manutenção;
- Instruções de serviços e operações;
- Instruções fornecidas por órgãos regulamentadores, pelo projetista da barragem ou outra autoridade e o registro do cumprimento, bem como detalhes de quaisquer ações corretivas executadas;
- Desenhos “como construído”;
- Leituras e gráficos da instrumentação;
- Todos os dados de projeto, incluindo modificações e revisões;
- Todas as inspeções e o relatório de reavaliação;
- Histórico cronológico da estrutura;
- Registro fotográfico.

Cópias do Manual de Operação e do registro de ocorrências devem ser mantidas na barragem, em papel. Alternativamente, deve ser garantido o acesso remoto a esses dados a partir da barragem.

6.2 Operação

6.2.1 Procedimentos para a operação em regime de cheias

CONDIÇÕES RELEVANTES: Durante a estação de cheias, comportas e instalações com capacidades suficientes, necessárias para o descarregamento de vazões, até a Cheia Afluente de Projeto (CAP) devem ser mantidas em condições operacionais e especificados os procedimentos para a operação segura.
Qualquer restrição com relação à operação de comportas deve ser documentada.
O reservatório deverá ser operado de tal modo que a Cheia Afluente de Projeto possa ser seguramente controlada. O esvaziamento, bem como quaisquer outras operações de controle do reservatório devem ser documentadas.

Deve estar disponível uma descrição de todas as partes da barragem que afetem os requisitos acima e, inclusive, os manuais de operação dos respectivos fabricantes.

Instruções concisas de operação, tanto para os procedimentos de operação normal quanto para o caso de cheia extrema, devem estar disponíveis para operadores qualificados das barragens.

Os detalhes das condições normais de operação devem informar itens tais como:

- afluência e descargas
- níveis normais
- volumes de acumulação
- curvas de descarga do vertedouro e de jusante
- parâmetros de operação do vertedouro
- fornecimento de energia
- restrições ambientais

As condições de emergência em potencial devem ser identificadas e listadas, juntamente com os parâmetros e restrições da operação recomendada.

As instruções devem detalhar a capacidade de vazão das estruturas e o correspondente nível d'água; listar as áreas de risco a jusante e as vazões pelas quais elas serão afetadas; e fornecer detalhes com relação aos sistemas de advertência, bem como, aos sistemas de energia primária e de segurança.

6.2.2 Procedimentos para operação de emergência

CONDIÇÃO RELEVANTE: Devem ser estabelecidos procedimentos para o controle da descarga no caso de se desenvolver uma fissura ou brecha em potencial, e qualquer esvaziamento de emergência do reservatório.

Os procedimentos e considerações gerais devem ser resumidos tais como qualquer instrução especial para a operação do vertedouro e sobre o esvaziamento do reservatório. Esses procedimentos deverão incluir limitações no enchimento ou no esvaziamento do reservatório, implicações quanto ao aumento do fluxo a jusante, uma lista de áreas de bancos do rio propensas à erosão e taludes do reservatório que deverão ser monitorados. Os procedimentos de operação durante uma emergência poderão seguir o preconizado no Plano de Ação Emergencial (PAE), como descrito no item 7.2 do capítulo 7.

Deverão ser fornecidos procedimentos de operação para o esvaziamento do reservatório na eventualidade de um dano à barragem, incluindo as precauções necessárias para evitar danos às instalações e restrições à velocidade de rebaixamento.

6.2.3 Controle de materiais flutuantes e/ou entulhos

CONDIÇÃO RELEVANTE: Nos locais onde houver quantidade significativa de materiais flutuantes, deve-se estabelecer procedimentos para lidar seguramente com esses materiais.

Os detalhes, as funções e as atividades operacionais necessárias para controle e remoção de materiais flutuantes e as correspondentes restrições na operação das comportas ou nas estruturas, devem ser descritas no manual de OMI.

6.2.4 Controle da salinização

Recomenda-se consultar o *Manual de Especificações Ambientais para Projeto e Construção de*

Barragens e Operação de Reservatórios, elaborado no âmbito do PROÁGUA semi-árido.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Caso o monitoramento da qualidade da água (conforme o item 13.3 do capítulo 3) indique a presença de algas e sais, devem ser estabelecidas, dentre outras providências, regras operacionais que permitam a renovação das águas visando à proteção das estruturas associadas à barragem.

O controle de salinização se aplica às barragens localizadas no semi-árido. Deve-se identificar e quantificar a ocorrência de solos propícios, particularmente, o Planossolo Solódico, Solonetz Solodizado e os solos Halomórficos. Caso o monitoramento da qualidade da água afluente e da água acumulada indique uma tendência à salinização, deve-se definir regras operacionais que permitam a renovação das águas do reservatório e a diluição dos sais, em conformidade com as demais medidas de segurança e com os usos da água previstos. O volume do reservatório deve ser suficientemente pequeno em relação às afluências sazonais para que essas medidas possam ser implementadas com sucesso. Por outro lado, dependendo da qualidade requerida/desejada e dos riscos de não se conseguir repor totalmente o volume despejado, devem ser definidas formas de operação da válvula dispersora: ou deixá-la aberta totalmente apenas quando houver vertimento ou baixar o nível do reservatório sempre que houver previsão de afluência em volumes suficientes. Tais regras devem ser discutidas em conjunto com os comitês de usuários do reservatório. Medidas de controle e manejo do uso do solo também devem ser desencadeadas, caso o risco de salinização seja identificado.

6.2.5 Controle da eutrofização

Recomenda-se consultar o *Manual de Especificações Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios*, elaborado no âmbito do PROÁGUA semi-árido.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Devem ser estabelecidas linhas de ações como o monitoramento da qualidade da água, manutenção e controle da faixa de proteção do reservatório e trabalhos de engenharia ambiental visando à proteção das estruturas associadas à barragem.

Para o controle da eutrofização, deve-se prever a adoção de três linhas diferenciadas:

- Monitoramento da qualidade das águas (conforme o item 13.3 do capítulo 13) e a adoção de regras operacionais que permitam a renovação freqüente das águas do reservatório, tal qual exposto no subitem 6.2.4;
- Programa de manutenção e controle da faixa de proteção do reservatório, o qual deve se preocupar especificamente com o uso do solo nas suas margens;
- Ações referentes ao uso e ocupação do solo na bacia de drenagem, que devem compreender: o levantamento sanitário da bacia; o mapeamento dos tipos de solo da bacia que permita identificar a existência de solos com aptidão para expansão da agropecuária; a análise das informações levantadas quanto ao seu potencial de degradação das águas do reservatório por poluição ou eutrofização; a definição do conjunto de ações necessárias para garantir que as alterações nas águas do reservatório sejam mínimas em função dos usos previstos; e a gestão junto aos órgãos competentes e sociedade civil para tomada de decisões e encaminhamento de soluções.

Deve-se implementar, durante a execução da barragem, um plano de desmatamento e limpeza da área de inundação, conforme o item 13.7 do capítulo 13.

6.2.6 Previsão de cheias

CONDIÇÃO RELEVANTE: Caso disponível, a fonte de informações quanto à previsão de cheias deve ser identificada.

Órgãos autorizados de previsões de cheias devem ser designados, juntamente a uma lista de outras fontes disponíveis. Deve ser descrita a Cheia Afluente de Projeto (CAP), a base de sua estimativa e a capacidade das instalações.

6.3 Manutenção

CONDIÇÕES RELEVANTES: As regras de manutenção, procedimentos, registros e responsabilidades, devem ser desenvolvidas e implementadas para assegurar que a barragem, juntamente a suas estruturas associadas e equipamentos para descarga de cheias, sejam mantidas em condições totalmente operacionais e seguras.
Os equipamentos devem ser inspecionados e verificados a intervalos regulares, objetivando assegurar condições de operações seguras e confiáveis.

Programas de manutenção devem ser organizados e avaliados, no mínimo, anualmente. Deverão estar disponíveis uma descrição das regras de manutenção, de procedimentos, de registros e de responsabilidades para as barragens, estruturas e equipamentos associados (inclusive instrumentação), essenciais para a segurança da barragem.

Os requisitos de manutenção devem também ser documentados para as diversas estruturas, inclusive, em madeira e condutos.

Todos os manuais de manutenção relevantes, fornecidos por fabricantes e projetistas, devem estar disponíveis.

Devem ser avaliadas as mudanças nas condições das instalações e ações apropriadas deverão ser tomadas, tanto em relação à revisão de projeto quanto às mudanças necessárias na construção e/ou reparos.

A instrumentação necessária para verificar a continuidade das condições de segurança de uma barragem, juntamente a qualquer sistema de aquisição, processamento e transmissão de dados, deve ser mantida em boas condições de funcionamento.

As considerações para manutenção de diferentes tipos de estruturas e equipamentos estão resumidamente descritas abaixo.

6.3.1 Estruturas de concreto

Subpressão e percolação de água são as principais causas de instabilidade em potencial, sob condições normais de carregamento, de parte ou da totalidade das estruturas. Reações álcali-agregado podem ocasionar sérios impactos na segurança das estruturas. Programas anuais e de longo prazo de manutenção para as estruturas de concreto devem incluir, mas não se limitar, à limpeza regular de drenos ou sistemas de drenagem, manutenção dos sistemas impermeabilizantes, equipamentos de bombeamento e instrumentação de monitoramento, necessários para garantir a segurança das estruturas.

6.3.2 Estruturas metálicas

Os requisitos de manutenção para os componentes de estruturas metálicas tais como comportas, *stop-logs*, guias, estruturas de içamento, monotrilhos e condutos, devem-se aplicar ao seguinte:

- Alinhamentos, parafusos de ancoragem, conexões aparafusadas, rebitadas e soldadas, revestimentos de proteção, detalhes de suporte e grades.

6.3.3 Barragens de terra

Estruturas em aterro necessitam de trabalhos de manutenção essencialmente direcionados ao controle da percolação e erosão a fim de prevenir-se a deterioração do maciço e/ou fundação, e o desenvolvimento de caminhos preferenciais de percolação.

Programas de manutenção periódicos para estruturas em aterro devem incluir a manutenção regular da instrumentação, da crista e do enrocamento; o controle desde a vegetação até as tocas de animais; estabilização de taludes; manutenção dos sistemas de drenagem e a remoção de entulhos a montante, a fim de garantir-se a segurança da estrutura.

6.3.4 Equipamentos

Requisitos de manutenção devem ser aplicados a todos os componentes elétricos e mecânicos, essenciais à segurança da barragem, a saber:

- vertedouro
- condutos
- comportas
- acionadores
- dispositivos de acionamento de comportas
- instrumentação
- iluminação normal e de emergência
- bombas

Um programa de manutenção preventiva deve ser planejado de acordo com a classificação por conseqüência de ruptura da barragem, padrão da indústria, recomendações do fabricante e do histórico operacional de cada peça, em particular, do equipamento.

Referências devem ser feitas (com informações suplementares onde necessário), aos manuais de operação e manutenção dos fabricantes e projetistas, com relação a manutenção necessária, peças de reposição e testes regulares apropriados para se confirmar a funcionalidade de trabalho.

6.3.5 Comunicação e controle

A equipe de operação deve possuir uma descrição que inclua uma visualização completa, contendo o diagrama esquemático dos sistemas com todos os equipamentos de comunicação e controle. Os equipamentos devem ser continuamente operados e monitorados para se garantir a integridade. A documentação deve incluir todas as práticas correntes de manutenção e ensaios.

6.3.6 Vias de acesso à barragem e às estruturas anexas

Essas vias devem ser mantidas em condições que permitam o acesso de pessoal, veículos e equipamentos de manutenção em qualquer situação.

6.3.7 Manutenção da área da faixa de proteção

Os projetos de barramentos e açudes prevêem a faixa de proteção de 100 metros ao redor do reservatório d'água, considerando o nível máximo *maximorum* previsto. A manutenção da faixa de proteção dos reservatórios exige do empreendedor e da entidade ambiental estadual: (i) ações preventivas de delimitação da faixa (incluindo cercamento), revegetação das áreas degradadas, educação ambiental, participação comunitária etc.; (ii) fiscalização permanente e rigorosa, inclusive com técnicas modernas de sensoriamento remoto; e (iii) ações corretivas com retirada de invasores.

6.4 Inspeção e monitoração

6.4.1 Padronizações

CONDIÇÃO RELEVANTE: As inspeções, monitoração de estruturas de barramento d'água e os testes das instalações de descarga devem ser padronizados.

Devem ser fornecidas padronizações e diretrizes para o estabelecimento dos tipos de inspeção a serem executados; o propósito de cada tipo de inspeção e a freqüência destas; os itens a serem inspecionados; a documentação necessária; a qualificação e o treinamento dos inspetores; e os procedimentos para a correção das deficiências.

6.4.2 Inspeções regulares

CONDIÇÕES RELEVANTES:
Inspeções periódicas devem ser executadas para se determinar as condições das partes integrantes das estruturas de barramento d'água.
Investigações apropriadas, como descrito no capítulo 5, devem cobrir todas as deficiências em potencial, reveladas por estas inspeções.

As instruções e procedimentos de inspeção para a barragem devem fornecer as seguintes informações:

- itens a serem observados em inspeções, em todas as estruturas e equipamentos;

- freqüência, responsabilidade e requisitos para registro e elaboração de relatório;
- descrição de inspeções adicionais, eventualmente necessárias, que podem incluir inspeções subaquáticas e aquelas necessárias durante o primeiro enchimento do reservatório;
- requisitos e freqüência de leitura da instrumentação, incluindo nivelamento topográfico e deslocamentos horizontais.

O programa de inspeções, incluindo a freqüência, deve ser planejado de acordo com a classificação da barragem (ver item 4.4 do capítulo 4), padrões de qualidade da empresa, recomendações dos fabricantes de equipamentos, histórico operacional e condições das estruturas e equipamentos em particular.

Como diretriz geral, as inspeções regulares devem ser realizadas observando-se as seguintes classificações e orientações:

- **Inspeções rotineiras ou informais:** são aquelas que devem ser executadas por equipes qualificadas em segurança de barragens, como parte regular de suas atividades locais de operação e manutenção. A freqüência dessas inspeções deve ser semanal ou mensal, definida de acordo com o recomendado no item a ser inspecionado, e podendo ser mais reduzida em função de restrições sazonais. Não geram relatórios específicos, mas apenas comunicações de eventuais anomalias detectadas.
- **Inspeções formais:** são aquelas que devem ser executadas por equipes técnicas do proprietário, responsáveis pelo gerenciamento da segurança da barragem, ou por seus representantes. A freqüência dessas inspeções deve ser semestral ou anual. Exigem o conhecimento do projeto, dos registros existentes e do histórico de intervenções. Seus respectivos produtos são relatórios contendo as observações de campo, as análises realizadas e as recomendações pertinentes.
- **Inspeções especiais:** são aquelas que devem ser executadas por equipe multidisciplinar, envolvendo especialistas das áreas de hidráulica, geotécnica, geológica, estrutural, tecnológica de concreto, elétrica e mecânica. Quando o proprietário não possuir, em seu quadro, especialistas capacitados para cumprir essas inspeções nas áreas referidas, é recomendável a contratação de consultores independentes para suprir essa demanda. A freqüência destas inspeções deve ser de cinco a dez anos, dependendo da sua categoria de conseqüências de ruptura. Os aspectos a serem vistoriados, analisados e relatados neste tipo de inspeção estão detalhados no capítulo 5.

Um roteiro para inspeção de barragens e um modelo de lista a ser aplicado encontram-se apresentados no anexo B.

O anexo C apresenta uma relação das principais anomalias encontradas em barragens de terra e concreto, com as causas, possíveis conseqüências e ações corretivas.

Procedimentos, incluindo as definições de responsabilidade, devem estar disponíveis, objetivando a avaliação:

- dos dados obtidos a partir de inspeções visuais, registros de instrumentação e de projeto;
- das condições das operações em curso, tais como controle da capacidade de vertedouro, borda livre, do esvaziamento, dos níveis máximos d'água;
- da confirmação da segurança estrutural e operacional;
- da identificação das áreas que necessitam de investigações de deficiências.

É recomendável que esses procedimentos incluam um "código de ação", que é função da severidade da deficiência observada, de modo a assegurar que uma ação apropriada seja tomada.

6.4.3 Inspeções emergenciais

CONDIÇÃO RELEVANTE: Inspeções especiais ou emergenciais devem ser executadas em função do potencial de danos provocados por eventos ou pela ocorrência de deficiências severas.

As instruções e procedimentos para a barragem devem descrever as inspeções emergenciais, e outras observações e procedimentos necessários após cheias, chuvas torrenciais, sismos e observações não usuais, tais como fissuras, recalques, surgências d'água e indícios de instabilidade de taludes. A responsabilidade para empreender essas inspeções especiais ou emergenciais deve ser atribuída à equipe local e ao engenheiro responsável pelo gerenciamento da segurança da barragem. Esta atribuição visa a assegurar inspeções periódicas após qualquer evento potencialmente danoso.

Requisitos quanto à documentação e confecção de relatórios devem ser especificados com os itens e os procedimentos para a inspeção pelo engenheiro responsável pelo gerenciamento da segurança da barragem, seguindo a ocorrência dos eventos acima.

6.4.4 Instrumentação

CONDIÇÃO RELEVANTE: A instrumentação deve ser monitorada, analisada e mantida, para garantir a operação segura da barragem.

Juntamente com todas as descrições dos instrumentos devem estar suas leituras iniciais, limites de projeto, dados e requisitos para sua calibração, faixas normais de operação e níveis de alarme, valores para os quais uma revisão detalhada das leituras é necessária. Responsabilidades devem ser atribuídas para leituras rotineiras dos instrumentos, mudanças de leituras iniciais, calibração e interpretação dos resultados.

O modo e a metodologia de leitura automática ou manual devem ser descritos. Se automatizado, o sistema deve ser descrito, incluindo números dos telefones utilizados pelo *modem*. Sendo manual, deve haver documentação quanto à metodologia, à manutenção, à calibração e à estocagem dos equipamentos de leitura dos instrumentos.

A localização exata e os detalhes de instalação dos instrumentos devem ser fornecidos e complementados com desenhos de plantas, vistas e seções transversais.

A documentação da instrumentação pode ser coberta por um relatório de instrumentação em separado com referência a ela no manual de OMI.

6.4.5 Ensaios

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todo equipamento e instalação operacional sujeitos a vazões devem ser inspecionados e testados anualmente, para assegurar seu funcionamento, durante cheias extremas.

O equipamento de controle de vazão da tomada d'água deve ser submetido anualmente a um ensaio de variação de pressão antes da estação de cheias. As comportas do vertedouro devem ter sua operação testada anualmente para assegurar uma correta operação. A freqüência e o nível de inspeção e de ensaios devem ser compatíveis com a classificação da categoria da barragem por conseqüência de ruptura.

Todos os procedimentos para ensaios devem ser especificados no manual de OMI e incorporados aos itens de inspeção. As instruções e procedimentos devem fornecer descrições dos ensaios operacionais e de integridade a todos os componentes eletromecânicos dos equipamentos de controle de vazão, para assegurar uma condição operacional total.

6.5 Implementação de recomendações, obras e/ou reparos

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todas recomendações, obras e/ou reparos que tenham sido definidos pela equipe responsável pelo gerenciamento da segurança devem ser implementados em prazo compatível com os riscos envolvidos.

Para viabilizar uma rápida execução de obras e/ou reparos, ou mesmo do atendimento de recomendações relativas às atividades de segurança, deverão ser tomadas em caráter prioritário as medidas necessárias à redução dos riscos associados.

6.6 Segurança patrimonial

CONDIÇÃO RELEVANTE: Toda barragem deverá ser protegida de invasões, de depredações e ações individuais, feitas por terceiros.

Para atender ao requisito (condição relevante) e determinar o tipo de proteção e intensidade da vigilância a ser exercida, o proprietário deverá considerar a classificação da barragem (item 4.4 do capítulo 4), o seu histórico relativo à segurança patrimonial, além do meio social das redondezas.

7. PROCEDIMENTOS DE EMERGÊNCIA

7.1 Geral

CONDIÇÕES RELEVANTES: Emergências potenciais em uma barragem devem ser identificadas e avaliadas, levando em consideração as conseqüências da ruptura, de modo que ações apropriadas, corretivas ou preventivas possam ser empreendidas.
O Plano de Ação Emergencial (PAE) deve ser preparado, verificado, divulgado e mantido para qualquer barragem, cuja ruptura possa ensejar como resultado a perda de vidas, bem como para qualquer barragem para a qual um alerta antecipado possa reduzir os danos a montante ou jusante.
Um processo notificativo deve ser iniciado, imediatamente, ao se encontrar uma condição insegura, que poderia conduzir a uma brecha na barragem, ou quando se descubrir uma erosão em progresso, como especificado no PAE.
O proprietário da barragem ou o operador deve avaliar se a população das áreas imediatamente à jusante da barragem deve ser avisada da condição de brecha na barragem, devido ao curto espaço de tempo antes da chegada antecipada da onda de cheia provocada pela ruptura.
Ações preventivas devem ser iniciadas de maneira apropriada, para evitar a ruptura ou para limitar danos onde a ruptura for inevitável.

O proprietário da barragem tem a responsabilidade de prevenir a população quanto a uma situação perigosa, porém esses alertas devem basear-se nas informações prestadas pelo proprietário ou pelo operador da barragem. Esses últimos são responsáveis pela conexão apropriada da observação da barragem (ver item 6.4 do capítulo 6) com os procedimentos de resposta a situações de emergência.

A falta de regulamentos não isenta o proprietário da barragem da responsabilidade em elaborar, atualizar e seguir o Plano de Ação Emergencial (PAE).

O PAE é um plano formalmente escrito que identifica os procedimentos e processos que serão seguidos pelos operadores da barragem na eventualidade de uma situação de emergência. A emergência pode ser, por exemplo, a falha de um equipamento essencial, tal como uma comporta de controle de cheias, uma ruptura de talude que possua o potencial de causar a ruptura da barragem, ou a ruptura completa da barragem, causada por galgamento, sismo ou erosão interna (*piping*). Pela sua natureza, os PAEs são específicos de cada local.

Esse plano possibilita o planejamento da municipalidade, da polícia local, das agências estaduais, das companhias telefônicas e de transporte e de outras entidades afetadas na eventualidade de uma cheia capaz de provocar a ruptura de uma barragem e a coordenação de esforços entre os diferentes níveis de governo.

7.2 Plano de Ação Emergencial (PAE)

7.2.1 Necessidade de PAE

CONDIÇÃO RELEVANTE: O Plano de Ação Emergencial (PAE) deve ser preparado para cada barragem, a menos que as conseqüências da ruptura desta barragem sejam baixas.

A definição quanto à necessidade da preparação do PAE deverá ser tomada, por meio de uma análise específica, quanto às condições de risco a jusante.

Por exemplo, uma grande barragem que retém grande volume de acumulação, dentro de um vale confinado, que possua população, necessitaria claramente do PAE. Inversamente, uma pequena barragem de fazenda, em uma área relativamente desabitada, normalmente não precisaria. Se as áreas habitadas são potencialmente afetadas, então o PAE deve ser preparado.

As conseqüências da ruptura devem ser avaliadas de acordo com o descrito no item 4.4 do capítulo 4.

7.2.2 Desenvolvimento do PAE

CONDIÇÕES RELEVANTES: O PAE deve descrever as ações a serem tomadas pelo proprietário e operador da barragem, no caso de emergência. Esse plano deverá delegar a indivíduos e/ou prepostos as responsabilidades para cada ação a ser tomada.
Cópias do PAE ou o resumo das informações mais relevantes devem ser fornecidas para aqueles a quem responsabilidades foram delegadas, de acordo com o plano.

As etapas do desenvolvimento do PAE são geralmente as seguintes:

- identificar aquelas situações, ou eventos, que poderiam requerer o início de uma ação de emergência, especificar as ações a serem tomadas e por quem;
- identificar todas as jurisdições, agências e indivíduos que serão envolvidos na implementação do PAE;
- identificar os sistemas de comunicação primários e auxiliares, quer sejam internos (entre as pessoas da barragem), quer sejam externos (entre o pessoal da barragem e as agências externas);
- identificar todas as pessoas e agências envolvidas no processo de notificação, e esboçar um fluxograma que mostre quem deve ser notificado, em qual ordem e qual a expectativa das outras ações das agências de jusante. Cada agência governamental, municipal, estadual ou federal envolvida pode possuir o seu próprio plano de emergência. Estes planos irão, normalmente, requerer modificações para incluir ações necessárias, resultantes de uma inundação por ruptura de barragem;
- desenvolver um esboço do PAE;
- realizar reuniões de coordenação com todas as partes envolvidas na lista de notificação, para revisar e comentar o PAE esboçado;
- fazer as revisões, obter a aprovação de regulamentação necessária, concluir e distribuir o PAE.

7.2.3 Conteúdo do PAE

CONDIÇÕES RELEVANTES: O PAE deve conter os seguintes procedimentos e informações:

- Atribuição de responsabilidades
- Identificação e avaliação de emergências
- Ações preventivas
- Procedimentos de notificação
- Fluxograma da notificação
- Sistemas de comunicação
- Acessos ao local
- Resposta durante períodos de falta de energia elétrica
- Resposta durante períodos de intempéries
- Fontes de equipamentos e mão-de-obra
- Estoques de materiais e suprimentos
- Fontes de energia de emergência
- Mapas de inundação
- Sistemas de advertência
- Apêndices

Um modelo de PAE encontra-se apresentado no anexo D.

Atribuição de responsabilidades

Para evitar mal-entendidos e problemas de comunicação, é importante incluir uma lista com os responsáveis por ações gerais e específicas, para que as medidas emergenciais sejam acionadas em tempo hábil, estando os responsáveis previamente cientes e prevenidos.

Identificação e avaliação de situações de emergência

Caso detectadas com antecipação suficiente, as emergências potenciais podem ser avaliadas e as ações preventivas ou corretivas podem ser tomadas. O PAE deve conter procedimentos claros, quanto à adoção de ações, uma vez identificada uma emergência em potencial. A notificação da situação de emergência requer que a pessoa responsável pelo contato inicie a ação corretiva e decida se, e quando, uma emergência deve ser declarada e o PAE executado. Orientações claras devem ser fornecidas no PAE sobre as condições que requeiram que uma emergência seja declarada.

Ações preventivas

O PAE deve detalhar as ações preventivas necessárias, incluindo uma listagem de equipamentos, materiais e mão-de-obra, que estejam facilmente à disposição do operador da barragem, em uma situação de emergência.

Procedimentos de notificação

Os procedimentos para notificação devem ser claros e fáceis de serem seguidos. O PAE deve conter uma lista de todas as pessoas e entidades que deverão ser notificadas, na eventualidade de uma emergência declarada.

Fluxogramas de comunicação

O fluxograma da notificação é um diagrama que mostra a hierarquia das notificações durante uma emergência. O PAE deve conter um fluxograma da notificação resumindo os procedimentos para cada uma das condições de emergência consideradas.

Sistemas de comunicação

Devem ser incluídos detalhes completos dos sistemas de comunicação internos e externos, na medida em que se apliquem ao PAE.

Acessos ao local

A descrição dos acessos deve se concentrar nas rotas palmadas, secundárias e nos meios para se alcançar o local sob várias condições (acessos rodoviários, ferroviários, hidroviários e aéreos).

Resposta durante períodos de falta de energia elétrica

O PAE deve prever as respostas às condições de emergência, reais ou potenciais, durante os períodos de falta de energia elétrica (escuridão), incluindo aqueles causados por falha elétrica.

Resposta durante períodos de intempéries

O PAE deve contemplar respostas de emergência sob condições adversas de tempo.

Fontes de equipamentos e mão-de-obra

A localização e a disponibilidade de equipamentos e empreiteiros, que podem ser mobilizados, devem ser incluídos.

Estoques de materiais e suprimentos

A localização e a disponibilidade de materiais estocados e os equipamentos para uso de emergência devem ser contemplados.

Fontes de energia de emergência

Os detalhes sobre a localização e operação das fontes de energia de emergência devem ser incluídos.

Mapas de inundação

Os mapas de inundação são necessários para as autoridades locais desenvolverem um adequado plano de evacuação.

Sistemas de advertência

Sistemas de advertência são usados para fornecer avisos à população, áreas de *camping* e parques que estejam próximos à barragem. Detalhes completos devem estar contidos no PAE.

Apêndices

Itens adicionais podem ser inseridos em apêndices no PAE. Plantas gerais do local podem ser úteis. Desenhos que mostram a localização da ruptura em potencial, usados nos estudos de inundação, podem ser incluídos. Tabelas mostrando a variação no estágio da enchente, em relação ao tempo, para cada localização-chave da área inundada, também devem ser incluídas.

7.2.4 Manutenção e verificação do PAE

CONDIÇÕES RELEVANTES: O PAE deve ser remetido àqueles que estiverem envolvidos e todas as cópias registradas (protocoladas) do PAE devem ser atualizadas. O plano deve ser verificado.

Na medida em que são produzidas emendas ou atualizações ao PAE, elas são encaminhadas para cada possuidor (de acordo com o listado no PAE) e as modificações adotadas. Os nomes, os endereços e os números de telefone das pessoas de contato devem ser constantemente atualizados, como medida de rotina, pelo menos uma vez por ano. O método de encadernação do PAE deve facilitar a troca rápida de folhas que foram revisadas ou atualizadas. Uma lista dos possuidores dos planos deve aparecer no PAE.

O teste é parte integrante do PAE para assegurar que ambos, documento e treinamento das partes envolvidas, sejam adequados. As verificações podem abranger desde um exercício teórico em cima de uma prancheta, até uma simulação em escala total de uma emergência, bem como incluir rupturas múltiplas.

7.2.5 Treinamento

CONDIÇÃO RELEVANTE: Deve-se fornecer treinamento para assegurar que o pessoal da barragem, envolvido no PAE, esteja totalmente familiarizado com todos os elementos do plano, com a disponibilidade de equipamentos, seus encargos e responsabilidades.

O pessoal tecnicamente qualificado deve ser treinado para detectar, avaliar os problemas e providenciar as medidas corretivas apropriadas, quer sejam emergenciais ou não. Esse treinamento é essencial para a avaliação adequada das situações em desenvolvimento, em todos os níveis de responsabilidade, as quais, em princípio, são normalmente baseadas nas observações *in loco*. Um número suficiente de pessoas deverá ser treinado para assegurar assistência adequada, a qualquer tempo.

7.3 Estudos de inundação

CONDIÇÕES RELEVANTES: Um estudo de inundação deve ser executado para todas as barragens que necessitam claramente do PAE (ver item 7.1) e para barragens em que não é óbvia essa necessidade.
Um estudo de inundação deve basear-se em hipóteses que irão indicar todas as áreas que poderiam ser inundadas, para a combinação mais severa de condições fisicamente possíveis.

Vários cenários de ruptura de barragens são normalmente estudados. Esses cenários cobrem tempos rápidos de ruptura e vários tamanhos de brechas. A área potencialmente inundável deve ser determinada e as seguintes condições consideradas:

- Erro na cheia de projeto;
- Ruptura induzida pela falha de uma estrutura a montante.

Devem ser preparados mapas de inundação mostrando as áreas máximas inundadas.

Mapas de inundação também devem ser preparados para as margens do reservatório e para as áreas afetadas pelo efeito do remanso, a montante do mesmo. Esses dois casos devem ser analisados:

- Cheias extremas que excedam a capacidade de descarga;
- Redução da capacidade de descarga durante a passagem de uma grande cheia (por exemplo, bloqueamento por entulho, mau funcionamento ou a não-abertura de comportas).

8. SISMOS

Este item estabelece critérios apenas para Sismos de Projeto. Os requisitos para a resistência estrutural a Sismos são apresentados nos capítulos 11 e 12.

CONDIÇÕES RELEVANTES: Barragens devem ser projetadas e avaliadas para suportar movimentos de fundação associados com o Sismo Máximo de Projeto (SMP), sem a perda da capacidade do reservatório de serviço.
A seleção do SMP, para uma barragem, deve basear-se nas conseqüências da sua ruptura.

O SMP, ou seja, o Sismo Máximo de Projeto, é normalmente representado pela movimentação mais severa da fundação que foi selecionada para a implantação do projeto ou para a avaliação de segurança da barragem. Os parâmetros de movimentação específicos do local, necessários para o projeto ou avaliação, são determinados a partir do SMP.

Para um dado local, o SMP deve aumentar proporcionalmente ao crescimento das conseqüências da ruptura da barragem, como ilustrado na tabela 8.1. Para uma dada Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA), o SMP pode variar de um local para outro, dependendo das condições tectônicas do local e da distância ao epicentro do sismo. Em alguns casos, a seleção do SMP pode basear-se em um carregamento sísmico artificial que poderia ser, eventualmente, disparado por atividade humana, sendo alguns exemplos a extração ou injeção em campos de petróleo, água subterrânea ou sismicidade induzida pelo reservatório.

Os parâmetros sísmicos específicos do local, tais como velocidade, aceleração e espectros de resposta, devem ser derivados dos critérios de projeto para sismos na tabela 8.1. A derivação dos parâmetros sísmicos deve ser determinada ou supervisionada por pessoas com especialização em análise de sismicidade.

Barragens de terra, assentes sobre fundações resistentes e não suscetíveis à liquefação, que não incorporam grandes massas de materiais que, caso saturados, possam perder grande parte de sua resistência durante um sismo, podem ser projetadas e avaliadas usando o método do coeficiente de sismicidade (análise pseudoestática) sob as condições descritas no item 11.1 do capítulo 11. O coeficiente de sismicidade deve refletir a sismicidade do local da barragem e pode ser obtido a partir de mapas de zoneamento criados para aquele propósito.

TABELA 8.1
CRITÉRIOS MÍNIMOS USUAIS PARA SISMOS DE PROJETO

Conseqüência de Ruptura (a)	Sismo Máximo de Projeto (SMP)	
	Determinado deterministicamente	Determinado probabilisticamente (probabilidade de excepcionalidade anual)
Muito Alta	SMP (b) (c)	1/10.000 (c)
Alta	De 50% a 100% do SPM (d) (e)	1/1.000 a 1/ 10.000 (e)
Baixa	(f)	1/100 a 1/1.000 (f)

(a) Ver item 4.4 para a classificação de conseqüências da ruptura.

(b) Para uma falha conhecida, ou região tectônica geograficamente definida, o Sismo Previsível Máximo (SPM) é o maior sismo conceitualmente possível. Para o local da barragem, a movimentação pelo SPM é a movimentação mais severa, passível de ocorrer, que será produzida no mesmo arcabouço tectônico onde a estrutura for implantada.

(c) Um nível apropriado de conservadorismo deve ser aplicado ao Fator de Segurança calculado a partir desses carregamentos, a fim de reduzir os riscos de ruptura da barragem a valores toleráveis. Assim, a probabilidade de ruptura da barragem poderia ser muito menor do que a probabilidade de um carregamento por evento extremo.

(d) As acelerações e velocidades em fundações resistentes no SMP podem ser estimadas de 50% a 100% dos valores do SPM. Para fins de projeto, a magnitude deve permanecer a mesma do SPM.

(e) Na categoria de conseqüência alta, o SMP baseia-se nas conseqüências da ruptura. Por exemplo, se uma fatalidade incremental pode resultar de uma ruptura, uma Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA) de 1/1.000 poderia ser aceitável, porém para as conseqüências que se aproximam daquelas barragens de conseqüências muito altas, valores de SPM que se aproximam dos sismos de projeto poderiam ser necessários.

(f) Se uma estrutura de baixa conseqüência não pode suportar o critério mínimo, o nível de atualização pode ser determinado por análises de riscos econômicos, com consideração aos impactos sociais e ambientais.

9. CHEIAS

9.1 Geral

CONDIÇÕES RELEVANTES: As barragens devem ser projetadas e avaliadas para a passagem de uma Cheia Afluente de Projeto (CAP) sem perda de capacidade do Reservatório.
A seleção da CAP para uma barragem deve basear-se na conseqüência da sua ruptura.

A CAP é a maior cheia selecionada para propósitos de projeto ou avaliação de segurança de uma barragem. O valor da CAP selecionado deve aumentar com o aumento da conseqüência de ruptura da barragem, como ilustrado na tabela 9.1. Outras considerações, tal como resistência à erosão em barragens de concreto, também podem afetar a seleção da CAP.

Os itens 9.2 e 9.3 englobam dois métodos de desenvolvimento do hidrograma da CAP. Um é baseado no hidrograma Cheia Máxima Provável (CMP) e o outro em hidrograma com uma probabilidade de excepcionalidade anual especificada. Após a determinação apropriada da CAP de pico afluente, e seu correspondente volume para propósitos de projeto, a próxima tarefa é revisar ou desenvolver o hidrograma correspondente. Este hidrograma é usado para avaliar a borda livre (*freeboard*) e a capacidade do vertedouro.

A determinação da CMP e a estatística de cheias devem ser executadas ou supervisionadas por pessoas com conhecimento e experiência especial em hidrologia e meteorologia.

TABELA 9.1
CRITÉRIOS MÍNIMOS USUAIS PARA CHEIAS DE PROJETO AFLUENTE

Conseqüência de Ruptura (a)	Cheia Afluente de Projeto (CAP)
Muito Alta	Cheia Máxima de Projeto (CMP) (b)
Alta	Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PEA) entre 1/ 1.000 e a CMP (c)
Baixa	PEA de 1/ 1.000 (c) e (d)

(a)- Ver item 4.4 do capítulo 4 para a classificação por conseqüência de ruptura.
(b)- Um nível apropriado de conservadorismo deve ser aplicado ao carregamento provocado por esse evento, a fim de reduzir os riscos de ruptura da barragem a valores toleráveis. Assim, a probabilidade de ruptura da barragem poderia ser muito menor do que a probabilidade de um carregamento por evento extremo.
(c)- Dentro da categoria de alta conseqüência de ruptura, a CAP é baseada nas conseqüências da ruptura. Por exemplo, se uma fatalidade incremental resultasse de uma ruptura, um PEA de 1/1.000 poderia ser aceitável, mas para as conseqüências que se aproximam daquelas de uma barragem de conseqüência muito alta, cheias de projeto que se aproximam da CMP poderiam ser necessárias.
(d)- Se uma estrutura de baixa conseqüência de ruptura não pode suportar o critério mínimo, o nível de atualização pode ser determinado por análises de riscos econômicos, com consideração aos impactos sociais e ambientais.

9.2 Análise estatística de cheias

CONDIÇÕES RELEVANTES: Se a Cheia Afluente de Projeto (CAP) é estatisticamente determinada, a confiabilidade da análise estatística de cheias existente deve ser confirmada ou uma nova análise deve ser desenvolvida.
Se um evento excepcional tiver sido registrado, desde que a cheia estatística tenha sido avaliada, ou caso o período de observação tenha sido aumentado em mais de 50%, uma nova análise de cheias deve ser executada.

Na análise estatística são analisadas tanto as séries de vazões de pico anual ou de duração parcial (picos acima do limiar) quanto os volumes vão sendo ajustados em função da distribuição de probabilidades, a fim de permitir a extrapolação de dados de cheias de magnitudes excepcionais. Cuidados devem ser tomados para que as séries de dados satisfaçam os requisitos estatísticos de homogeneidade e independência.

Em geral, limitações na disponibilidade de dados e nos procedimentos de ajuste restringem o grau de facilidade na extrapolação. O exame da confiança estatisticamente determinada ou faixas de confiabilidade devem ser úteis na indicação de um limite razoável de extrapolação. Uma análise regional de dados de cheias pode ser usada para aumentar a confiabilidade nos valores extrapolados, desde que as bacias incluídas sejam hidrologicamente similares e que haja um intervalo adequado nos períodos de registro.

Quando a vazão da cheia a jusante estiver significativamente reduzida pela atenuação da acumulação do reservatório, o volume total da CAP deve ser avaliado em adição ao afluente de pico para estudos de cheias de rotina. Ela deve possuir a mesma probabilidade de ocorrência da correspondente cheia de pico.

Para pequenas barragens com uma expectativa de avaliação como baixa conseqüência (ver item 4.4 do capítulo 4), pode ser suficiente determinar ou rever a CAP pelo uso de uma análise regional ou de curva envoltória.

9.3 Cheia Máxima Provável (CMP)

***CONDIÇÕES RELEVANTES*:** Um estudo para a Cheia Máxima Provável (CMP) deve considerar a combinação mais severa “fisicamente possível” dos seguintes fenômenos sobre a bacia hidrológica a montante da estrutura, sendo estudadas:

- Tempestades
- Condições iniciais da bacia (exemplo: umidade do solo, níveis do lago e do rio)
- Previsão de distúrbios atmosféricos

Quando a CMP é identificada como CAP, em uma barragem determinada, a aceitabilidade de qualquer análise anterior da CMP deve ser confirmada, ou uma nova análise de CMP deve ser executada.

Se um evento não usual de grande magnitude ocorrer, após a avaliação da CMP, ou se a bacia hidrológica sofreu modificações que afetem seriamente as características do amortecimento de cheias, deve-se considerar a possibilidade de se rever a CMP.

Quando a CAP é a CMP, a análise estatística de cheias pode ser usada para comparação com a CMP, como uma simples verificação de contabilidade, e também para permitir ao analista desenvolver uma apreciação quanto aos requisitos de expectativa de uso e de capacidade das instalações de descarga de cheias.

10. DISPOSITIVOS DE DESCARGA

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento pode, eventualmente, ser necessário, levando em conta condições específicas de algumas barragens, e para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

10.1 Geral

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os dispositivos de descarga de cada barragem devem ser capazes de suportar seguramente a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP) no empreendimento.

O critério para a seleção da Cheia Afluente de Projeto (CAP), apropriada para cada empreendimento em particular, é discutido no item 4.5 do capítulo 4 e tabela 9.1 do capítulo 9, sendo o desenvolvimento do hidrograma da CAP discutido no capítulo 9.

As recomendações do subitem 6.4.5 do capítulo 6 deverão ser atendidas.

10.2 Borda livre

CONDIÇÃO RELEVANTE: Sob todas as condições operacionais, a borda livre deve ser suficiente para restringir a percentagem de ondas que poderiam galgar a barragem a níveis que não conduzam a sua ruptura, sob níveis de cheia específicos e condições excepcionais de vento.

Para barragens de terra, a borda livre deve, de modo geral, ser suficiente, a fim de evitar o galgamento da barragem para 95% das ondas criadas sob condições especificas de vento. Se um galgamento maior é permitido, o volume do fluxo galgado e seus efeitos potenciais não podem colocar a barragem em perigo. A crista da barragem é normalmente ajustada a um nível que satisfaça todas as seguintes condições:

- Condições de onda devido a ventos com 1/100 da Probabilidade de Excepcionalidade Anual (PAE), estando o reservatório na sua cota máxima normal, ou determinada pelo uso da relação da duração total da velocidade do vento sobre a expectativa de vida útil do empreendimento;
- Condições de onda devido a condições de vento razoavelmente mais severas para o reservatório e o seu nível máximo extremo baseado na CAP selecionada. Para pequenos reservatórios e/ou bacias, usa-se, normalmente, 1/100 da PEA do vento anual máximo. Para os casos na média, o vento apropriado deve ser selecionado entre esses dois limites.

Uma borda livre adicional ou providências contra galgamento podem ser necessárias a barragens em reservatórios sujeitos a ondas que poderiam ser induzidas por deslizamentos de encosta na área do reservatório.

Para barragens de concreto, classificadas como de baixa conseqüência, a borda livre pode ser baseada em uma análise econômica de danos.

10.3 Capacidade de descarga das estruturas hidráulicas

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os dispositivos de descarga devem ser capazes de suportar a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP), levando em conta o efeito do amortecimento de cheias, sem que o nível do reservatório ultrapasse a borda livre estabelecida no item 10.2 do capítulo 10.

A capacidade de descarga do vertedouro e de outros dispositivos de descarga deve ser determinada com base nas condições existentes e na operação das estruturas componentes. As curvas de descarga disponíveis devem ser avaliadas com base nas práticas atuais de projeto, nas hipóteses do projeto original e nas condições existentes. Caso as curvas de descarga estejam incorretas ou não disponíveis, elas deverão ser novamente calculadas e usadas na avaliação de segurança.

Quando o empreendimento possuir casa de força, a usina deve ser considerada como fora de operação durante a passagem da CAP de período curto (inferiores a duas semanas). Na medida em que as instalações de transmissão podem ser afetadas, uma capacidade de descarga apropriada pode ser atribuída para as turbinas fora de condição de carga. Entretanto, caso o nível d'água de jusante exceda a cota do piso da casa de força, a capacidade da turbina deve ser reduzida a zero.

Se as Instalações de Descarga não puderem suportar com segurança a passagem da CAP, serão necessários reparos, modificações, novos trabalhos ou revisões das regras de operação do reservatório, ou alguma combinação dessas ações. Estudos de engenharia que levam em conta alternativas econômicas irão formar a base para a decisão de como reunir esse requisito para a passagem da Cheia Afluente de Projeto (CAP). Se a CAP é baseada na PEA e nenhuma fatalidade resulta da ruptura da barragem, os custos de modificação no empreendimento podem ser considerados em uma análise de riscos, para se determinar se as modificações são necessárias ou se os requisitos da CAP podem ser reduzidos.

Vertedouro

Um vertedouro seguro, inclusive canais de aproximação e de descarga, possui as seguintes características ou detalhes:

- resistências adequadas à erosão e à cavitação, bem como uma altura adequada dos muros laterais para a passagem segura da Cheia Afluente de Projeto;
- adequada dissipação de energia, a fim de prevenir solapamentos e/ou erosões que poderiam pôr em risco o vertedouro ou a barragem, durante a CAP;
- capacidade para suportar a passagem de entulho flutuante durante a CAP, ou provisão de uma barreira efetiva contra entulhos, projetada para carregamento por CAP;
- confiabilidade nos mecanismos de abertura das comportas durante grandes cheias, incluindo o fornecimento de energia, controle e comunicações; deve existir processo alternativo para sua abertura;
- segurança adequada quanto a deslizamentos de terra, entulhos acumulados no canal de aproximação, rampas e canais de saída, que poderiam restringir sua capacidade de descarga;
- acesso assegurado sob quaisquer condições para o caso das comportas do vertedouro serem operadas no local.

10.4 Operação durante as cheias

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todas as instalações de descarga devem ser operadas sempre de acordo com regras predeterminadas. No desenvolvimento de tais regras, deve-se considerar a passagem segura de todos os eventos hidrológicos, inclusive a CAP.

Regras para a operação sob condição de cheias são normalmente baseadas na cota do reservatório, na taxa de elevação desta cota, precipitação pluviométrica, estação do ano e na previsão do tempo. Tais regras devem ser documentadas no manual de operação, manutenção e inspeção (ver item 6.2).

10.5 Operação dos equipamentos de controle de descargas

CONDIÇÃO RELEVANTE: As condições sob as quais os dispositivos de descarga e a tomada d’água devem operar, bem como o nível de automação associado a esses equipamentos, devem ser determinados com base em uma situação específica do local.

Na eventualidade de uma enchente resultar em dano, a operação remota e automática dos equipamentos do vertedouro deverá ser projetada para uma operação confiável, a fim de se prevenir inundação a montante ou a jusante. A operação remota do equipamento do vertedouro deve ser utilizada apenas onde as condições e a distância tornem impraticável sua operação no local. A operação remota deve basear-se na leitura da instrumentação interpretada pelos operadores.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todo equipamento de controle de descarga deve ser capaz de abrir e fechar sob as condições de operação.

Os atuadores (dispositivos de acionamento) deverão ser adequadamente dimensionados para suportar os esforços de carregamento estrutural e hidráulico.

Os equipamentos de controle de fluxo da tomada d’água devem ser capazes de fechar sob condições de fluxo de projeto. Caso esse fechamento seja por meios

outros que não seu próprio peso, uma fonte de energia de emergência deverá estar disponível. Se necessário, os atuadores do equipamento de controle de fluxo deverão ser adequados para operação automática e/ou remota.

Deve-se atentar para a possibilidade de ocorrências de acúmulo de detritos que possam interferir no acionamento das comportas.

10.6 Instrumentação de controle

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os equipamentos instalados em estruturas de conseqüências de ruptura definidas como "altas" ou "muito altas" devem ser municiados com instrumentação que permita a monitoração local ou remota.

O nível de instrumentação de controle deve ser determinado pela avaliação de requisitos específicos do local.

A taxa de subida do nível d'água deve ser usada para se iniciar os procedimentos de alarme.

A posição da comporta e os níveis d'água devem ser monitorados, tanto local quanto remotamente.

10.7 Equipamento de emergência

CONDIÇÃO RELEVANTE: Um equipamento de fornecimento de energia de emergência deve estar disponível em estruturas de conseqüência de ruptura alta e muito alta.

O requisito para o equipamento permanente deve levar em conta a disponibilidade do equipamento, a velocidade de resposta, o tamanho do reservatório e a expectativa da sua taxa de elevação do nível d'água. O equipamento de emergência, caso permanentemente instalado, deve operar automaticamente durante interrupções de energia e ser capaz de prover uma capacidade contínua de operação até a restauração da principal fonte de energia. O equipamento de emergência consiste tipicamente em unidades geradoras a combustível.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os controles e a instrumentação devem permitir a operação e a monitoração durante as condições de interrupção de energia para as estruturas de conseqüência alta e muito alta.

Nos locais em que não houver fonte de energia de emergência disponível, equipamentos de corrente contínua, bancos de baterias e equipamentos auxiliares devem ser fornecidos para se permitir a operação da instrumentação e dos controles por um período mínimo de oito horas.

11. CONSIDERAÇÕES GEOTÉCNICAS PARA BARRAGENS DE TERRA E FUNDAÇÕES EM SOLO

11.1 Barragens de terra e fundações em solo

Neste item estão agrupados tanto as fundações em solo quanto as barragens de aterro, por possuírem requisitos geotécnicos semelhantes. Os requisitos e diretrizes são igualmente aplicáveis a barragens de aterro e fundações em solo para outros tipos de barragens.

11.1.1 Monitoração e instrumentação

CONDIÇÃO RELEVANTE: Para barragens de conseqüência de ruptura alta e muito alta, deverá haver disponibilidade suficiente de instrumentos para barragem de terra e suas fundações, de modo que seu desempenho possa ser adequadamente monitorado e sua segurança avaliada.

Um programa de instrumentação de maciços de terra ou fundação bem planejado serve para monitorar o desempenho e fornecer indicativos de situações de perigo. Os propósitos da instrumentação são:

- Fornecer dados para avaliar os critérios de projeto
- Fornecer informações sobre o desempenho vigente da barragem e suas fundações
- Observar o desempenho de áreas críticas

Os requisitos gerais para instrumentação devem ser determinados anteriormente à avaliação da segurança do empreendimento, e a necessidade de instrumentação adicional deverá ser totalmente justificada e documentada. Os fatores que irão influenciar a necessidade e o tipo de instrumentação adicional a ser instalada incluem a geologia da fundação, o tamanho e o tipo de barragem e seu reservatório, a classificação por conseqüência de ruptura, a localização do empreendimento e seu desempenho anterior.

Intrínseco a um programa de instrumentação está a programação para a leitura dos instrumentos. Não menos importante é a necessidade de instruções bem claras para uma pronta avaliação de dados e uma pronta notificação ao pessoal responsável, quando as observações forem atípicas ou divergirem dos critérios de projeto.

11.1.2 Estabilidade

CONDIÇÕES RELEVANTES: Os carregamentos provenientes da barragem e a distribuição desses esforços sobre as fundações não deverão causar deformações totais ou diferenciais excessivas ou causar ruptura da fundação por cisalhamento.
Os taludes de montante e jusante da barragem e as ombreiras deverão ser estáveis sob todos os níveis de reservatório, bem como sob todas as condições de operação.

A crista, os taludes da barragem e as ombreiras devem ser examinados quanto a fissuras, abatimentos e desalinhamentos da superfície.

A tabela 11.1 resume os fatores mínimos de segurança que são normalmente aceitáveis para os cálculos de estabilidade de taludes. Valores inferiores podem ser eventualmente admissíveis em certos casos, desde que justificados (por exemplo, quando um bom desempenho é demonstrado, com base em medidas da movimentação ou em análises mais sofisticadas). Os coeficientes de segurança obtidos e aceitos para os taludes devem levar em conta a confiabilidade dos dados utilizados nas análises de estabilidade, a adequabilidade e as limitações das análises selecionadas, as magnitudes das deformações toleráveis e as conseqüências da ruptura em potencial.

TABELA 11.1
COEFICIENTES DE SEGURANÇA, AVALIAÇÃO ESTÁTICA

Condições de Carregamento	Coeficiente Mínimo de Segurança	Talude
Percolação permanente com o reservatório na cota máxima normal	1,5	Jusante
Esvaziamento rápido (*)	de 1,2 a 1,3	Montante
Término da construção antes do enchimento do reservatório	de 1,25 a 1,3	Jusante e montante

(*) Coeficientes de segurança maiores podem ser necessários, caso ocorram rebaixamentos com uma relativa freqüência durante a operação normal.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os taludes do reservatório devem ser estáveis sob condições de carregamento sísmico, precipitações pluviométricas severas, rebaixamento rápido e qualquer outra condição, caso a ruptura do talude possa induzir à formação de ondas que ameacem a segurança pública, a barragem ou suas estruturas associadas.

Ver capítulo 13 para diretrizes quanto à estabilidade das margens do reservatório.

11.1.3 Borda livre

CONDIÇÃO RELEVANTE: A borda livre deve considerar a expectativa do recalque da crista.

Ver ítem 10.2 do capítulo 10 para requisitos adicionais e diretrizes de borda livre.

11.1.4 Percolação e controle da drenagem

CONDIÇÃO RELEVANTE: O carreamento das partículas de solo pelas forças de percolação deve ser evitado por filtros adequados.

A percolação deve ser monitorada e verificada quanto à presença de partículas em suspensão.

Os filtros e drenos internos são particularmente importantes onde se considerar possível a ocorrência de fissuramento na barragem, devido a recalques diferenciais, arqueamento e/ou fraturamento hidráulico. Fissuras podem causar fluxos de percolação concentrados que podem conduzir a ruptura da barragem por erosão interna (*piping*), a menos que estes sejam interceptados e controlados por meio de filtros e drenos.

CONDIÇÕES RELEVANTES: Os gradientes hidráulicos na barragem, nas fundações, nas ombreiras e ao longo de condutos devem ser baixos o suficiente para prevenir erosão regressiva. A capacidade de vazão dos filtros e drenos não deve ser excedida.

Pressões neutras altas podem indicar que a drenagem é insuficiente ou que a permeabilidade dos drenos é excessivamente baixa. A diminuição da percolação proveniente dos drenos pode indicar a colmatação física, química ou bacteriológica.

11.1.5 Fissuração

CONDIÇÃO RELEVANTE: A barragem deve manter o reservatório em condições de segurança, em relação a qualquer fissuração que possa ser induzida por recalque ou fraturamento hidráulico.

Uma inspeção completa deve ser executada para se identificar fissuras e suas causas. Análises ou investigações adicionais podem ser necessárias, caso seja considerado possível o fissuramento do núcleo, por exemplo, se detectado um recalque diferencial.

11.1.6 Erosão superficial

CONDIÇÕES RELEVANTES: Os taludes de montante da barragem e suas ombreiras devem ser providos de proteção adequada para resguardá-los contra a erosão, inclusive devido a ondas. Os taludes de jusante devem ser protegidos contra a ação erosiva de escoamentos superficiais, eventuais surgimentos de percolações, do tráfego de pessoas e de animais. Os canais de entrada e saída para vertedouros e condutos devem ser adequadamente protegidos contra erosão (ver capítulo 13).

11.1.7 Liquefação

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todos os materiais de aterro e da fundação suscetíveis à liquefação devem ser identificados.

A filosofia geral para a avaliação dos métodos a serem utilizados deverá ser aquela que selecione os métodos mais atualizados e aceitáveis e que estejam no “estado da arte”. No entanto, uma vez que a análise de liquefação é um assunto de desenvolvimento bastante dinâmico, métodos aceitáveis e que estejam no “estado da arte” podem ser considerados como conservadores. Pareceres especializados devem ser buscados para uma

avaliação mais avançada de suscetibilidade à liquefação. O nível de avaliação deve ser apropriado à estrutura que estiver sob revisão. Ensaios de laboratório em amostras não deformadas, ensaios de penetração e métodos geofísicos podem ser usados para a caracterização do solo. Os fatores que conduzem à liquefação incluem:

- Deformação excessiva por carregamento estático
- Carregamento por impacto
- Carregamento cíclico, tal como um carregamento por sismo

CONDIÇÃO RELEVANTE: Se a liquefação é possível, então a estabilidade da barragem pós-liquefação deverá ser avaliada.

O objetivo é o de verificar se a extensão prevista da liquefação não irá resultar em uma ruptura.

CONDIÇÕES RELEVANTES: Se o fluxo por deslizamento (corrida de lama) é possível, deve-se, então, providenciar medidas corretivas apropriadas. Se não houver potencial para fluxo de deslizamento, provisões devem ser feitas, para se adequar a borda livre e os filtros, a fim de acomodar os movimentos induzidos por sismo.

11.1.8 Resistência a sismos

CONDIÇÃO RELEVANTE: A barragem, suas estruturas associadas, fundações, ombreiras e as margens do reservatório devem ser capazes de resistir às forças associadas com o Sismo Máximo de Projeto (SMP).

A determinação do SMP é tratada no capítulo 11. O nível de avaliação para resistência a sismos de uma barragem deverá depender das conseqüências da ruptura.

11.2 Barragens sobre fundação em rocha

O termo fundação refere-se ao maciço que forma a base para a estrutura, bem como suas ombreiras.

11.2.1 Estabilidade da fundação

CONDIÇÃO RELEVANTE: A resistência e a rigidez da rocha deverão ser suficientes para prover a estabilidade adequada sob carregamentos de projeto para a barragem, estruturas associadas, ombreiras e fundação, e as deformações limitadas a valores aceitáveis.

Uma quantidade suficiente de informações geológicas/geotécnicas deverá estar disponível, ou deverá ser obtida, para se definir o modelo da fundação, adequado à caracterização de quaisquer descontinuidades e para determinar todas as modalidades de rupturas possíveis.

Uma avaliação das condições da rocha de fundação deve cobrir a qualidade da rocha e a sua capacidade de suporte. As condições podem ser avaliadas a partir de dados de ensaios *in situ*, testemunhos de sondagens, inspeção visual e dados da instrumentação instalada.

Diretamente abaixo da barragem, a principal consideração deve ser a natureza do contato rocha–barragem, sua forma e as características da fundação. Onde as fundações estiverem expostas, ou em contato com o maciço de terra, a ênfase deverá ser dada à impermeabilidade e às vedações em função do tempo. Deverá ser determinado se detalhes geológicos poderiam conduzir a deterioração do maciço rochoso. Deve-se determinar a necessidade de executar investigações e ensaios de campo.

Todos os tratamentos corretivos subsuperficiais executados durante o período de construção da barragem devem ser identificados e avaliados para se determinar se eles permanecem eficientes e em condições estáveis.

A estabilidade das fundações em rocha pode ser avaliada em termos dos coeficientes de segurança. Os valores do coeficiente de segurança indicados na tabela 11.1 são apropriados.

11.2.2 Parâmetros de resistência ao cisalhamento

CONDIÇÃO RELEVANTE: Fundações em rocha devem possuir uma resistência adequada ao cisalhamento, para assegurar a estabilidade da barragem ao longo de todas as superfícies potenciais de ruptura.

A compatibilidade entre a deformação da barragem e sua fundação precisa ser considerada quando da determinação dos parâmetros de resistência ao cisalhamento da fundação.

Geralmente não é considerada nas análises a resistência à tração na interface barragem–fundação, e abaixo destas. No entanto, para barragens de concreto, nas quais a existência de fissuração é dependente de alguma resistência à tração, esta deve ser baseada em uma quantidade representativa de ensaios executados em amostras retiradas da zona de interface. Se a fundação é composta de vários tipos e qualidades de rocha, os valores devem ser avaliados para cada área correspondente ao tipo de rocha dentro da zona de influência da barragem.

Se as fundações são irregularmente fraturadas, métodos e programas devem ser estabelecidos para se determinar os dados de resistência para as partes mais críticas das fundações em rocha.

11.2.3 Percolação e drenagem

CONDIÇÕES RELEVANTES: Dependendo do tipo de rocha, uma proteção adequada deve ser prevista para protegê-lo contra erosão interna, lixiviação ou efeitos de dissolução nas fundações e ombreiras.
Os sistemas de drenagem e injeção nas fundações e ombreiras deverão manter as subpressões em níveis aceitáveis, pelo projetista ou avaliadores.
Onde os maciços de terra são construídos sobre fundação em rocha, o tratamento da fundação deve ser compatível com os materiais do maciço, de modo a prevenir o carreamento de partículas.

Um sistema de drenagem de fundação é normalmente utilizado para reduzir a subpressão que atua na base da barragem e no corpo do maciço rochoso. O sistema mais comum consiste em drenos a jusante da cortina de injeção principal.

A avaliação das fundações da barragem inclui as seguintes etapas:

- Determinar se a vazão de percolação é aceitável com relação às condições geológicas.
- Identificar qualquer evidência de infiltração ao longo de lentes intemperizadas (alteradas), juntas abertas ou zonas de contato.
- Verificar se o sistema de drenagem está funcionando.
- Verificar se a cortina de injeção está tendo um desempenho satisfatório.
- A detecção da percolação, no seu estágio inicial de desenvolvimento, é importante para se avaliar sua origem e causa. A avaliação inicial deve considerar qual é a extensão da percolação que pode conduzir a problemas maiores de erosão ou instabilidade.

11.3 Estruturas Associadas

11.3.1 Movimentação da fundação

CONDIÇÃO RELEVANTE: Fundações e ombreiras, bem como maciços de terra, através dos quais, ou sobre os quais uma estrutura associada tenha sido construída, devem ser livres de movimentações que poderiam prejudicar a capacidade operacional da estrutura ou conduzir a um dano estrutural, tal como um fissuramento excessivo, deformação, deflexão, dano à juntas, separação de juntas ou de algum outro modo ameaçar a integridade estrutural e o seu desempenho hidráulico.

A fundação de uma estrutura associada deverá possuir resistência suficiente para resistir a deslizamentos, e uma capacidade de suporte adequada para prevenir recalques excessivos.

11.3.2 Estabilidade de taludes

CONDIÇÃO RELEVANTE: Taludes que flanqueiam os canais de aproximação e de descarga de uma estrutura associada devem ser estáveis, de modo a evitar que qualquer instabilidade provocada pela grande variedade de solos de assoreamento e movimentações de rocha não imponha restrições a estes canais (ver subitem 11.1.2).

11.3.3 Percolação

CONDIÇÃO RELEVANTE: A zona impermeável, imediatamente subjacente ou incluída na parte de montante de uma estrutura associada, incluindo componentes, tais como trincheira de vedação (*cut-off*), seção do núcleo ou tapete impermeável, devem ser livres de concentrações localizadas de percolação, que poderiam resultar em erosão interna (*piping*).

Os gradientes hidráulicos devem ser mantidos dentro dos limites recomendados para os materiais de fundação e zonas de filtro, incluindo aterros, bem como os solos e as rochas *in situ*.

11.4 Estruturas celulares com preenchimento e outras estruturas em pranchões de madeira

CONDIÇÃO RELEVANTE: Todas as estruturas celulares com preenchimento (enrocamento, areia etc.), outras estruturas em pranchões e suas fundações devem seguir os mesmos requisitos de estabilidade preconizados para barragens de aterro. Além disso, os pranchões de madeira deverão manter sua durabilidade e ser capazes de transmitir as cargas induzidas (ver itens 11.1 e 11.2).

As condições de percolação devem ser analisadas.

A estabilidade deve ser avaliada como para as estruturas de concreto de gravidade (deslizamento e tombamento).

11.5 Barragens de enrocamento com face de concreto

CONDIÇÃO RELEVANTE: Barragens de enrocamento com face de concreto e suas fundações devem seguir os mesmos requisitos das barragens de terra, quando aplicáveis. Além disso, recalques e deformações deverão ser controlados para prevenir fissuração que comprometa a segurança da obra. A percolação ou infiltração através do revestimento de concreto deve ser limitada a valores aceitáveis (ver item 11.2).

O desempenho depende dos métodos construtivos e dos detalhes das juntas entre lajes e da junta perimetral. Caso o reservatório esteja sujeito a rebaixamento, o paramento deverá ser inspecionado e as percolações deverão ser medidas.

11.6 Barragens de enrocamento sujeitas à percolação

CONDIÇÃO RELEVANTE: Barragens de enrocamento sujeitas à percolação pelo maciço devem ser capazes de suportar, sem estabilização, o eventual arraste de participas ou fragmentos de rocha e os efeitos combinados da ação da percolação emergente na face de jusante, com os esforços resultantes de qualquer tipo de transbordamento.

Não é recomendável que ocorra galgamento d’água, a menos que o talude de jusante tenha sido projetado para essa condição.

12. ESTRUTURAS DE CONCRETO

O uso de critérios diferentes dos especificados nesse documento pode, eventualmente, ser necessário, levando-se em conta condições específicas de algumas barragens, ou para permitir o desenvolvimento na aplicação e uso de novos conhecimentos e melhorias nas técnicas aplicadas.

12.1 Geral

Este capítulo aplica-se às avaliações de estabilidade de todas as estruturas de concreto de barramento d'água, incluindo barragens, vertedouros, tomadas d'água e outras instalações hidráulicas associadas, bem como as estruturas de contenção de terra, tais como muros do tipo cortina e muros de arrimo.

As barragens de concreto podem, geralmente, ser classificadas dentro de três tipos principais, de acordo com sua forma física particular e projeto específico:

- barragens de gravidade
- de contrafortes
- em arco

Este capítulo é aplicável às estruturas assentes sobre fundações em rocha suficientemente resistentes e que não tenham descontinuidades significativas. Para as estruturas construídas sobre outros tipos de fundação, tais como solos, rocha alterada ou rocha com descontinuidades significativas, devem ser estabelecidos métodos e critérios especiais de acordo com os princípios e práticas aceitáveis de engenharia, bem como aqueles requeridos no item 11.2 do capítulo 11.

CONDIÇÃO RELEVANTE: O nível de avaliação de segurança para barragens de concreto e outras estruturas de barramento d'água deve levar em conta as conseqüências de ruptura da estrutura.

As conseqüências da ruptura são classificadas de acordo com as diretrizes apresentadas no item 4.4 do capítulo 4. A avaliação de barragens de concreto e outras estruturas de barramento d'água deverá ser executada por profissionais experientes e de acordo com essas diretrizes. Entretanto, estruturas classificadas como de conseqüência de ruptura muito baixa podem ser isentadas dos requisitos técnicos aqui apresentados.

As técnicas de análise podem abranger desde os relativamente simples bidimensionais "corpos rígidos" sobre superfícies de suporte plana, até os complexos métodos tridimensionais de elementos finitos.

Em termos gerais, essas diretrizes são válidas para todos os tipos de estruturas em concreto, para as quais aplicam-se os princípios gerais da engenharia estrutural. Entretanto, alguns tipos de estruturas de concreto, sob certas condições, requerem uma atenção especial.

Análise estática

Análises estáticas para barragens de gravidade são normalmente baseadas no método do equilíbrio limite de "corpo rígido" e no método da linearidade elástica. As três primeiras combinações de forças listadas no item 12.4 a seguir, as qualificam como casos de carregamento estático, devido à natureza relativamente permanente das cargas envolvidas. Uma exceção a essas combinações de carga pode advir daqueles componentes estruturais, cujo desempenho pode ser influenciado pelos efeitos potencialmente dinâmicos do fluxo d'água.

Qualquer uma das técnicas de análise aceitável fornece informações e dados que são relativos aos indicadores de desempenho discutidos no item 12.5.

As barragens de contrafortes devem reunir a totalidade dos requisitos de estabilidade para barragens de gravidade e todos os outros componentes em concreto armado devem seguir as normas de cálculo de estruturas.

Uma inspeção detalhada, assim como um programa de amostragem e de ensaios, é parte essencial para um programa de avaliação de uma barragem de contrafortes. Uma atenção particular deve ser dada para a resistência do concreto através das juntas de construção. A seleção das tensões permissíveis deve ser baseada na condição real dos materiais da estrutura.

Deve ser determinada a estabilidade ao deslizamento na direção montante–jusante e as tensões sobre os contrafortes no contato rocha–concreto e nos vários níveis representativos.

A avaliação estrutural de barragens em arco requer uma experiência especial e uma compreensão geral acerca dos detalhes únicos destas estruturas. Conseqüentemente, as inspeções de segurança devem ser realizadas por engenheiros e geólogos experimentados na análise e construção de barragens em arco.

As análises de tensões e estabilidade das barragens em arco podem ser baseadas no método de carregamentos sucessivos ou pelo método de elementos finitos ou outro aplicável. As propriedades de deformação da fundação devem ser incluídas e, especificamente, os efeitos da seqüência construtiva. As temperaturas e os deslocamentos diferenciais devem ser avaliados. Efeitos de juntas (de dilatação vertical e de construção) devem ser considerados.

Análise sísmica

CONDIÇÃO RELEVANTE: Uma análise sísmica deve ser executada, onde apropriada. A fissuração, bem como a interação do reservatório e fundação, devem ser incluídas na análise, quando necessário.

Análises sísmicas ou dinâmicas são normalmente executadas em diferentes níveis de sofisticação, dependendo da conseqüente avaliação da barragem e da probabilidade de desempenho não aceitável.

CONDIÇÃO RELEVANTE: As tensões e a estabilidade de uma barragem devem ser avaliadas quanto à movimentação do terreno na direção montante–jusante. Em determinados casos poderá ser necessária a análise na direção transversal ao vale.

12.2 Condições da estrutura e do local

CONDIÇÕES RELEVANTES: A resistência e a condição da barragem e da fundação devem ser determinadas de forma a possibilitar a análise.
Caso o concreto esteja aparentemente danificado ou enfraquecido, devem ser executados ensaios para se determinar os parâmetros de resistência ou hipóteses de adequação conservadoras feitas na análise da sua segurança.
Para as barragens de classificação de conseqüência de ruptura alta e muito alta, deve-se prover a estrutura e a fundação com uma instrumentação suficiente, a fim de se permitir uma monitoração do desempenho e a avaliação da sua segurança.

A revisão do projeto, os registros de construção e o comportamento histórico, em conjunto com uma inspeção visual, podem ser suficientes, porém a amostragem e ensaios podem ser necessários onde estes registros sejam inadequados ou onde a estrutura possa estar deteriorada. O nível de investigação também depende da classificação da estrutura quanto à conseqüência de ruptura (ver item 4.4 do capítulo 4).

A vistoria é necessária, incluindo:

- Um exame visual das faces do concreto, tanto acima quanto abaixo do nível d’água
- Amostragem, ensaio e a estimativa de qualidade do concreto e armações
- Inspeção de todos os elementos estruturais
- Verificação da ocorrência de reações expansíveis, tais como reação álcali-agregado

O conhecimento do comportamento das estruturas e suas fundações pode ser obtido por meio do estudo das solicitações das estruturas em operação, usando as observações da instrumentação.

As condições da fundação e da interface rocha–concreto devem ser investigadas a um nível suficiente de detalhe que permita a obtenção de dados apropriados para a avaliação estrutural.

12.3 Ações de projeto

CONDIÇÕES RELEVANTES: As seguintes ações devem ser consideradas na avaliação das estruturas de concreto:

- Ancoragens ativas
- Peso próprio da estrutura e dos equipamento permanentes
- Empuxo de aterros, reaterros e assoreamentos
- Cargas acidentais uniformemente distribuídas, concentradas e cargas móveis e vento
- Cargas relativas a equipamentos de construção
- Esforços hidrostáticos resultantes de combinações dos diversos níveis d'água do reservatório com os de jusante
- Subpressões devido às condições de funcionamento dos drenos de fundação (operantes / inoperantes)
- Esforços hidrodinâmicos decorrentes de fluxos d'água
- Esforços devido à variação de temperatura e à retração do concreto
- Esforços introduzidos por ancoragens ativas
- Esforços sobre a estrutura relativos ao primeiro estágio de operação, em casos em que o segundo estágio da estrutura deve ser completado posteriormente
- Cargas relativas às atividades de operação e manutenção do empreendimento
- Esforços devido a sismos naturais ou induzidos

12.4 Combinação de carregamentos

Os seguintes casos de carregamentos serão considerados nos estudos de estabilidade e respectivos cálculos dos esforços internos (tensões).

12.4.1 Caso de Carregamento Normal (CCN)

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentam grande probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, durante a operação normal ou manutenção normal da obra, em condições hidrológicas normais.

CONDIÇÕES RELEVANTES: As seguintes ações devem ser consideradas:

- Peso próprio, empuxo de aterros, reaterros e assoreamentos
- Carga acidental uniformemente distribuída, concentrada e cargas móveis e vento
- Carga relativa às atividades rotineiras de operação e manutenção da obra
- Esforços hidrostáticos com NA do reservatório e do canal de fuga variando entre os níveis máximo normal e mínimo normal, sendo que a condição mais severa de carregamento deverá ser selecionada para cada estrutura
- Subpressão, drenos operantes
- Esforços hidrodinâmicos decorrentes de fluxo hidráulico pelas passagens d'água e durante a operação da usina
- Temperatura e retração do concreto
- Ancoragens ativas
- Esforços sobre a estrutura no primeiro estágio de operação, em casos em que o segundo estágio da estrutura deve ser completado posteriormente

12.4.2 Caso de Carregamento Excepcional (CCE)

Corresponde a quaisquer ações de cargas de ocorrência eventual de baixa probabilidade de ocorrência ao longo da vida útil da estrutura, tais como:

- Condições hidrológicas excepcionais
- Falha no sistema de drenagem
- Manobra de caráter excepcional
- Efeito Sísmico etc.

CONDIÇÕES RELEVANTES: Considerar a mesma relação de esforços do Caso de Carrregamento Normal (CCN), calculados, no entanto, para as condições excepcionais de operação ou manutenção e com as seguintes modificações:

- Reservatório no NA máximo normal e NA jusante no máximo correspondente ou reservatório no NA máximo normal e NA jusante correspondente à vazão zero, incluindo efeitos sísmicos
- Subpressão com drenos inoperantes e NA jusante máximo e drenos operantes com NA jusante entre normal e mínimo
- Quaisquer esforços excepcionais sobre as estruturas de primeiro estágio

12.4.3 Casos de Carregamento de Construção (CCC)

Corresponde a todas as combinações de ações que apresentam probabilidade de ocorrência durante a construção da obra, apenas durante períodos curtos em relação à sua vida útil e em boas condições de controle. Podem ser devido a carregamentos de equipamentos de construção, a estruturas executadas apenas parcialmente, carregamentos anormais durante o transporte de equipamentos permanentes e quaisquer outras condições semelhantes.

CONDIÇÕES RELEVANTES: Neste caso, deverão ser considerados os esforços:

- Da fase de construção
- De montagem, instalação e verificações de equipamentos permanentes ou temporários
- De cimbramento e descimbramento
- De construção como execução e ancoragens, injeções, esgotamento, enchimento, compactação e outros, inclusive os níveis de água a montante e a jusante durante a fase de construção

12.4.4 Combinações de ações

CONDIÇÕES RELEVANTES: Na combinação de ações, devem ser observadas as seguintes condições:

- Cargas variáveis serão consideradas em intensidade e direção do modo mais desfavorável
- Cargas acidentais, uniformemente distribuídas ou concentradas, serão consideradas na combinação mais desfavorável em termos de intensidade, localização, direção e sentido, não se considerando qualquer redução de esforços internos por elas causadas
- Combinação mais desfavorável de NAs de montante e jusante com os correspondentes diagramas de subpressão
- Peças e elementos estruturais na região da fundação e no interior das estruturas serão analisadas com e sem subpressão
- Os empuxos de terra nas estruturas levarão em conta a ocorrência de lençol freático, caso exista
- Os esforços de ondas podem ser desprezados nos estudos das estruturas de gravidade
- Para as barragens de contrafortes e em arco, também deverão ser considerados os efeitos de temperatura sobre as estruturas

12.5 Indicadores de desempenho e critérios de aceitação

CONDIÇÃO RELEVANTE: A análise de segurança global deve ser feita para todas as estruturas principais, elementos estruturais e sistemas de interação entre as fundações e as estruturas submetidas aos diversos casos de carregamentos e englobará a análise de estabilidade no contato concreto–rocha, análise de estabilidade em planos inferiores ao da fundação, a definição dos coeficientes de segurança e a verificação entre as tensões atuantes e as tensões admissíveis dos materiais.

12.5.1 Análise de estabilidade e coeficientes de segurança

A análise de estabilidade da estrutura é feita considerando-a como um conjunto monolítico, podendo desse modo ser assimilada a um corpo rígido.

a) Coeficientes de Segurança à Flutuação (CSF)

O Coeficiente de Segurança à Flutuação é definido como a relação entre o somatório das forças gravitacionais e o somatório das forças de subpressão e será dado pela expressão:

$$CSF = \frac{\sum V}{\sum U}$$

onde:

CSF **= Coeficientes de Segurança à Flutuação**
S*V* = Somatório das Forças Gravitacionais
S*U* = Somatório das Forças de Subpressão

Despreza-se, em geral o efeito do atrito nas faces laterais do bloco. A consideração do atrito lateral implica ajustar o Coeficiente de Segurança Mínimo, que deverá, então, ser aumentado. Os Coeficientes de Segurança à Flutuação obtidos devem ser superiores aos seguintes:

Condições de Carregamento	CCN	CCE	CCC
CSF	1,3	1,1	1,2

b) Coeficientes de Segurança contra Tombamento (CST)

O Coeficiente de Segurança ao Tombamento em qualquer direção é definido como a relação entre o Momento Estabilizante e o Momento de Tombamento em relação a um ponto ou uma linha efetiva de rotação e será dado pela expressão:

$$CST = \frac{\sum M_e}{\sum M_t}$$

onde:

CST = Coeficientes de Segurança ao Tombamento
ΣM_e = Somatório dos Momentos Estabilizantes
ΣM_t = Somatório dos Momentos de Tombamento

Deverão ser desprezados os efeitos estabilizantes de coesão e de atrito despertados nas superfícies em contato com a fundação.

Na estrutura cuja base tem dimensão igual ou superior a sua altura, dispensa-se a análise de estabilidade ao tombamento.

Os Coeficientes de Segurança ao Tombamento obtidos, devem ser superiores aos da tabela abaixo:

Condições de Carregamento	CCN	CCE	CCC
CST	1,5	1,2	1,3

c) Segurança ao deslizamento para estruturas

Considera-se que a segurança ao deslizamento está verificada se:

$$CST = \frac{\frac{\sum Nitg(\varnothing i)}{CSD_{\varnothing}} + \frac{\sum CiAi}{CSD_c}}{\sum Ti} \geq 1{,}0$$

onde:

CSD_f = Coeficiente de segurança relativamente ao atrito
CSD_c = Coeficiente de segurança relativamente à coesão
N_i = Força normal à superfície de escorregamento em análise
fi = Ângulo de atrito característico da superfície de escorregamento em análise
C_i = Coesão característica ao longo da superfície de escorregamento
A_i = Área efetiva de contato da estrutura no plano em análise
T_i = Resultante das forças paralelas à superfície de escorregamento

Os valores característicos devem ser definidos para cada caso particular e de forma adequada para cada estrutura sob análise.

Os valores dos coeficientes de segurança a adotar são os seguintes:

CASOS DE CARREGAMENTO

Segurança	CCN	CCE	CCC
CSD_c	3,0 (4,0)	1,5 (2,0)	2,0 (2,5)
$CSD_{\varnothing}$	1,5 (2,0)	1,1 (1,3)	1,3 (1,5)

Nos casos em que o conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais é precário ou os materiais não apresentem constância de comportamento, adotar os valores entre parênteses.

12.5.2 Análise de tensões, tensões admissíveis, tensões de serviço e deformações

a) Tensões normais (de serviço) na base das fundações e em estruturas de massa

Apresenta-se, a seguir, a equação para determinação das tensões normais nas seções transversais, a partir das solicitações de serviço, isto é, a partir de esforços não majorados por quaisquer coeficientes, na base da fundação

ou em qualquer outro plano, construído de materiais isótropos e homogêneos, resistentes a tração e a compressão, no regime da Lei de Hooke.

A equação das tensões normais é igual a:

$$\sigma cal = a+bx+cy$$

onde:

$$a = \frac{\sum N}{A}$$

$$b = \frac{1}{IxIy\text{-}Ixy^2}\left(\sum MyIx - \sum MxIxy\right)$$

$$c = \frac{1}{IxIy\text{-}Ixy^2}\left(\sum MyIy - \sum MxIxy\right)$$

S_{cal} = tensão normal calculada
SN = somatório das forças normais ao plano considerado
A = área da seção transversal da estrutura ou do contato concreto-fundação
xx e yy = eixos perpendiculares entre si que têm origem no centro de gravidade da seção transversal
S*Mx* e S*My =* somatório dos momentos de todos os esforços em relação aos eixos xx e yy, respectivamente coordenadas do ponto analisado em relação aos eixos xx e yy
***Ix e Iy =* momentos de inércia da área “A” em relação aos eixos xx e yy**
***Ixy =* produto de inércia da área “A” em relação aos eixos xx e yy**

As tensões obtidas desta forma deverão ser comparadas com as tensões admissíveis fixadas no item *b* adiante.

Para os carregamentos normais, as seções nas estruturas permanentes de concreto-massa deverão trabalhar a compressão ou com tensões de tração menores que a tensão admissível do concreto. Para as seções nas fundações não serão admitidas tensões de tração, devendo a resultante dos esforços solicitantes estar aplicada no núcleo central da área da base.

Nos carregamentos excepcionais e de construção admitir-se-á que a resultante possa estar aplicada fora do núcleo central. Nestes casos deverão ser realizados os procedimentos correspondentes à abertura de fissura, que nas seções de concreto dependem de processo iterativo considerando à modificação do diagrama de subpressões em relação a tensão admissível do concreto.

Na base e em seções na fundação o aparecimento de tensões de tração poderá ocorrer, desde que fiquem limitadas a certos valores e que a estabilidade da estrutura, quanto ao tombamento e tensão de compressão no terreno, esteja garantida.

Nos carregamentos com aplicação do efeito sísmico deve-se considerar que, devido à natureza cíclica do fenômeno, não haverá aumento da subpressão na situação de fissura aberta.

b) Tensões admissíveis do concreto-massa e nas fundações

Para efeito de tensões admissíveis nas estruturas em concreto-massa, serão distinguidos os dois tipos de tensões normais que poderão ocorrer:

- de compressão e
- de tração

As tensões admissíveis serão sempre fornecidas em função da resistência característica do concreto à compressão ($\mathbf{f}_{ck}$).

b.1) Tensões admissíveis do concreto-massa à compressão

As tensões admissíveis do concreto à compressão, constam do quadro a seguir:

Caso de Carregamento	Tensão Admissível à Compressão
CCN	0,50 f_{ck}
CCC	0,55 f_{ck}
CCE	0,60 f_{ck}

b.2) Tensões admissíveis do concreto-massa à tração

As tensões admissíveis do concreto à tração constam do quadro a seguir:

Caso de Carregamento	Tensão Admissível à Tração
CCN	0,050 f_{ck}
CCC	0,055 f_{ck}
CCE	0,060 f_{ck}

b.3) Tensões admissíveis nas fundações

A capacidade de carga das fundações é relacionada à tensão normal máxima, definida mediante critérios que atendam às condições de ruptura, e às limitações relativas aos recalques excessivos, prejudiciais ao comportamento e perfeita utilização da estrutura.

A tensão normal máxima admissível na fundação deverá ser obtida a partir da seguinte relação:

$$st_{adm} = \frac{\text{Capacidade de carga da fundação}}{\text{Coeficiente de segurança}}$$

A capacidade de carga do material de fundação deverá ser determinada por métodos adequados, utilizando como subsídios os resultados de ensaios de laboratório.

Para o coeficiente de segurança, são recomendados os valores especificados a seguir:

Caso de Carregamento	Coeficiente de Segurança
CCN	3,0 (4,0)
CCC	2,0 (3,0)
CCE	1,5 (2,0)

A adoção destes valores pressupõe razoável conhecimento dos parâmetros de resistência dos materiais envolvidos.

Os coeficientes de segurança devem ser aumentados nos casos em que tal conhecimento é precário ou os materiais não apresentem constância de comportamento. Neste caso, deve-se adotar os valores indicados entre parênteses.

13. RESERVATÓRIO E EFEITOS DO MEIO AMBIENTE

Este capítulo versa sobre os efeitos ambientais do reservatório sobre a segurança da barragem. Não cobre interesses ambientais resultantes da presença da barragem (tais como impactos provenientes da construção). Para esses procedimentos ambientais, recomenda-se o *Manual de Especificações Ambientais para Projeto e Construção de Barragens e Operação de Reservatórios*, elaborado no âmbito do Proágua Semi-Árido.

Os efeitos potenciais da ruptura da barragem são levados em conta na classificação da barragem (ver item 4.4).

13.1 Entulho e vegetação no reservatório

CONDIÇÃO RELEVANTE: Entulhos e vegetações no reservatório devem ser controlados de tal maneira que não constituam em ameaça à segurança da barragem.

Os entulhos e vegetações no reservatório, se não forem interceptados antes de chegarem às instalações de descarga, poderão ocasionar uma situação de perigo. A extensão do risco dependerá da quantidade e volume dos entulhos e vegetações, e do tipo e configuração das instalações de descarga. Por exemplo, os entulhos e vegetações podem interferir ou bloquear o fluxo hidráulico, reduzindo assim a capacidade de descarga ou causar danos que impeçam a operação segura das instalações.

A capacidade de fluxo das estruturas hidráulicas, quando potencialmente afetadas por entulhos e vegetações no reservatório, é descrita no item 10.3 do capítulo 10. Procedimentos para uma operação segura e manutenção estão coberto no capítulo 6.

13.2 Margens do reservatório

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os taludes em volta das margens do reservatório não podem ameaçar a segurança da barragem.

As margens do reservatório devem ser investigadas para determinar se a ruptura dos taludes pode constituir ameaça para a segurança da barragem para vidas, ou propriedades ao longo das margens do reservatório, ou a jusante da barragem. As conseqüências de qualquer tipo de ameaça devem igualmente ser avaliadas. Ações corretivas, que assegurem um nível adequado de segurança, devem ser implementadas de forma proporcional às conseqüências da ruptura do talude. O nível necessário de segurança e os níveis apropriados de correções devem ser consistentes com os critérios resumidos para cheias e sismos.

A resistência dos taludes do reservatório à solicitações por sismos é coberta no subitem 11.1.8 do capítulo 11. Os requisitos de borda livre para ondas induzidas por deslizamento estão no item 10.2 do capítulo 10. Os requisitos de segurança quanto a deslizamentos, que poderiam diretamente afetar as instalações de descarga, estão cobertos no item 10.3.

CONDIÇÃO RELEVANTE: Qualquer barreira natural deve ser investigada do mesmo modo que a barragem, caso sua ruptura possa ameaçar a operação do reservatório e pôr em risco vidas humanas e/ou propriedades.

A margem do reservatório deve ser investigada para determinar se existe alguma barreira natural, tal como células topográficas estreitas, que podem romper e ameaçar a operação do reservatório.

13.3 Qualidade da água

CONDIÇÃO RELEVANTE: A qualidade da água do reservatório deve ser monitorada e medidas de proteção devem ser tomadas se a sua qualidade puder causar a deterioração da barragem ou de suas estruturas associadas.

A severidade do ataque químico sobre os materiais da barragem, tais como concreto e aço, pode variar consideravelmente. Nos casos mais severos, o corpo principal do concreto da barragem pode ser atacado por agentes de lixiviação, os quais ocasionam a formação de caminhos de percolação, fluxos inaceitáveis de drenagem e de pressões neutras, originando uma causa de preocupação de ordem estrutural.

Os tipos de ataque em potencial incluem o seguinte:

- Águas puras
- Sulfatos
- Sulfitos
- Cloretos
- Ácidos
- Desenvolvimento de plantas e algas
- Ataque combinado (o efeito é, geralmente, mais severo do que o proveniente de uma causa única)
- Sais marinhos, em empreendimentos próximos ao mar

13.4 Sedimentação e assoreamento

CONDIÇÃO RELEVANTE: A ocorrência de assoreamento próximo à barragem e suas instalações de descarga não pode ser permitida, pois pode afetar adversamente o controle e a descarga de cheias, a operação ou um esvaziamento de emergência, ou a estabilidade da barragem.

Meios adequados deverão ser estabelecidos para prevenir a excessiva sedimentação do reservatório devido a incêndios florestais ou mudanças na utilização das terras de montante, bem como rupturas dos taludes do reservatório ou padrões de erosão. As ações de transporte de sólidos pela água do rio devem ser investigadas, assim como as fontes potenciais de sedimentos dentro da área de drenagem a montante do reservatório.

Nos locais em que houver a entrada de quantidades substanciais de sedimentos no reservatório, as regras de operação de cheias devem levar em conta a correspondente redução do volume útil.

As comportas e saídas das descargas de fundo devem ser projetadas, e sua operação programada, de modo a minimizar a deposição de sedimentos e o arraste de fundo próximo à tomada d’água.

Medidas corretivas podem ser necessárias devido à abrasão no concreto e nas armaduras onde houver a passagem de sedimentos erosivos, pelas descargas, em grandes concentrações.

13.5 Esvaziamento do reservatório

CONDIÇÃO RELEVANTE: A necessidade de esvaziamento do reservatório deve ser analisada caso possa desenvolver-se uma situação de perigo, que poderia, de algum modo, conduzir à ruptura da barragem.

A capacidade para se esvaziar o reservatório de uma barragem é desejável, particularmente, para barragens nas categorias de conseqüência alta e muito alta. O esvaziamento do reservatório permite que o carregamento hidrostático seja reduzido, facilitando a inspeção e os reparos de partes de montante da barragem, ou de uma estrutura associada.

Onde existir uma situação potencial de perigo, a necessidade de se prover o reservatório com uma capacidade de esvaziamento pode ser avaliada com base no aumento da segurança resultante. Isto poderia incluir a determinação do valor e da duração necessários de qualquer diminuição do nível do reservatório. Uma avaliação baseada no risco poderia auxiliar nesta determinação.

A capacidade de vazão que permita o esvaziamento do reservatório está coberta no item 10.3 do capítulo 10. Os procedimentos de operação para facilitar o esvaziamento do reservatório estão listados no subitem 6.2.2 do capítulo 6.

13.6 Ecologia

CONDIÇÃO RELEVANTE: A barragem deve ser monitorada quanto à presença de animais, vegetação de porte e outros organismos, e ações de proteção da barragem deverão ser tomadas, caso necessário.

Em geral, as árvores e a mata devem ser removidas dos maciços da barragem e esses podem ser gramados, especialmente para pequenas barragens, a fim de protegê-las contra os seguintes riscos em potencial:

- redução na seção transversal da barragem
- redução da borda livre
- erosão interna (*piping*) originada pelo apodrecimento de raízes de árvores mortas, tocas escavadas por insetos ou animais etc.

Uma vegetação excessiva também pode interferir com a manutenção e na inspeção eficiente do maciço. Inspeções visuais dos maciços de terra devem ser feitas freqüentemente para se detectar atividades de vida animal.

13.7 Regras ambientais para construção de barragens

CONDIÇÃO RELEVANTE: Os efeitos do meio ambiente sobre a segurança das barragens podem ser agravados se, por ocasião da construção dessas estruturas, medidas de controle ambiental não forem implementadas, como recuperação de áreas de jazidas de empréstimo e desmatamento e limpeza da área de inundação.

13.7.1 Regras ambientais para construção de açudes

A maior parte dos impactos ambientais provenientes de obras de construção de barragens pode ser evitada pela adoção de métodos e técnicas de engenharia adequados. O monitoramento ambiental dessas áreas deve considerar: a escolha do local para implantação do canteiro de obras, as condições de saúde e segurança dos operários, a destinação adequada de efluentes líquidos do canteiro, as áreas de empréstimo e bota-fora, as estradas de serviço, o controle de ruídos e a mobilização/desmobilização do canteiro de obras.

13.7.2 Plano de controle e recuperação das áreas das jazidas de empréstimo

Esse plano deve conter os processos de desmate, decapeamento e escavação da área e as diretrizes para a recuperação das jazidas de empréstimo. As áreas de empréstimo, a serem exploradas para construção de barragem, constituem-se de jazidas de materiais terrosos, de areia e de rocha (pedreira). A pesquisa de jazidas de materiais para uso nas obras deverá ser efetuada, prioritariamente, no interior da bacia hidráulica. A recuperação total das áreas de empréstimo será obrigatória para todas as jazidas localizadas fora da área de inundação. Assim, em cada caso, deverá ser avaliado se haverá diferença significativa de custos entre exploração das jazidas no interior da bacia hidráulica e fora da bacia – com seu correspondente custo de recuperação –, devendo-se optar, sempre que possível, pelas áreas no interior da área a ser inundada. As atividades de extração deverão ser acompanhadas de um plano de controle ambiental visando à manutenção da qualidade ambiental da área e à compensação e atenuação das adversidades geradas. É importante ainda considerar na concepção do plano de controle ambiental para as jazidas de empréstimo que as cavas a serem formadas ficarão, em média, com 1,5m de profundidade.

13.7.3 Plano de desmatamento e limpeza da área de inundação

Segundo a Lei Federal nº 3.824, de 23 de novembro de 1960, torna-se obrigatória a destoca e conseqüentemente a limpeza das bacias hidráulicas de qualquer açude, represa ou lago artificial.

Uma das causas da eutrofização artificial de reservatórios é o afogamento da vegetação e outros depósitos de matéria orgânica e (fossas, lixo etc.) existentes na bacia hidráulica. Visando a proteger as estruturas associadas à barragem dos efeitos da eutrofização, torna-se necessário implementar um Plano de Desmatamento e Limpeza da Área de Inundação, que integre as seguintes ações: diagnóstico florístico; seleção e coleta de material botânico; demarcação das áreas para o desmatamento; definição dos corredores de escape da fauna; definição dos métodos de desmatamento (parcial, integral, seletivo e tradicional); avaliação dos recursos florestais aproveitáveis; proteção contra acidentes durante o desmatamento e limpeza da bacia hidráulica; e remoção da infra-estrutura.

14. REQUISITOS ADICIONAIS PARA BARRAGENS DE REJEITOS

CONDIÇÕES RELEVANTES:
Barragens de rejeitos devem reunir todos os requisitos aplicáveis estabelecidos nos capítulos de 4 a 13 desse documento.
Especial atenção deve ser dada à barragens que armazenem rejeitos tóxicos, de forma a garantir a segurança ambiental.

Existem requisitos adicionais para barragens de rejeitos, sendo que variam conforme o tipo e quantidade de materiais a serem armazenados. Os cuidados com inspeções e instrumentações específicas deverão ser discutidos caso a caso, por especialistas nesse tipo de barragem.

15. INSPEÇÕES PARA A AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DE BARRAGENS

15.1 Objetivo

O objetivo de uma avaliação de segurança é determinar as condições relativas à Segurança Estrutural e Operacional das Barragens, identificando os problemas e recomendando tanto reparos corretivos, restrições operacionais e/ou modificações, quanto as análises e os estudos para determinar as soluções dos problemas.

15.2 Avaliações de projeto, construção e desempenho

Os Projetos das Barragens e das Estruturas Associadas devem ser revistos para avaliar o desempenho atual das estruturas, comparando com o pretendido. Dados e registros da engenharia, originados durante o período da construção, devem ser revistos, a fim de determinar se as estruturas foram edificadas e projetadas ou se as revisões necessárias do projeto foram feitas em todas as situações normais ou imprevistas.

Uma vistoria do local e uma revisão dos registros de instrumentação disponíveis também devem ser efetuadas, para determinar o desempenho atual das estruturas.

Áreas perigosas, acomodações inesperadas, percolações ou vazamentos anormais, mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e elétricos, e todas as outras observações relativas à segurança da barragem devem ser identificadas e registradas. Os resultados das observações das instrumentações e das análises podem revelar ou prever condições perigosas. O exame visual, durante a vistoria local, pode comprovar ou dissipar as apreensões resultantes de registros questionáveis da instrumentação.

O projeto original e os dados do projeto devem ser vistoriados, para determinar se todas as condições de carregamento aplicáveis foram levadas em conta. Os critérios de projeto devem ser revistos, para determinar se quaisquer novas condições no local tornaram necessárias alterações nos critérios relativos a cargas, vazões etc.

São indícios de desenvolvimento de condições inseguras em potencial:

- Condições imprevistas nas fundações
- Presença de percolação
- Aceitação excessiva de injeção
- Indicação de perigo ou acomodação do solo durante a construção

15.3 Identificação e registros dos problemas e fragilidades

Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de:

- Desempenho não estar de acordo com as previsões do projeto
- Evidência de defeitos na construção
- Aumento da percolação ou vazamento
- Perigos geológicos aparentes
- Mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e elétricos e
- Indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação

15.4 Formulação e relatório das constatações

O Relatório de Vistoria documenta os resultados das constatações do Painel de Segurança e apresenta conclusões e recomendações.

15.5 Familiaridade com os modos e causas de falhas

Categorias e Causas de Falhas

FALHA	DECORREM OU ESTÃO ASSOCIADOS	CAUSA
Deterioração da Fundação	Qualidade e/ou tratamento das fundações. Apresentam rachaduras visíveis; afundamento localizado; retirada de materiais.	Remoção de matérias sólidas e solúveis; retirada de rochas e erosão.
Instabilidade da Fundação	Materiais solúveis; xistos argilosos ou argilas dispersivas que reagem com água.	Liquefação; deslizamentos; afundamentos e deslocamento de falhas.
Vertedouros Defeituosos	Cheia de projeto; adequação do vertedouro; histórico de operação do vertedouro e do descarregador; obstruções; condição a jusante; crescimento da vegetação; fissuras e/ou rachaduras nas estruturas de concreto;equipamentos em má-condição de uso.	Obstruções; revestimentos fraturados; evidência de sobrecarga da capacidade disponível e comportas e guinchos disponíveis.
Deterioração do Concreto	Materiais defeituosos; agregados reativos; agregados de baixa resistência.	Reação álcalis/agregados; congelamento, degelo e lixiviação.
Defeitos de Barragens de Concreto		Alta subpressão; distribuição imprevista de subpressão; deslocamentos e deflexões diferenciais e; sobrecargas.
Defeitos de Barragens de Terra e/ou de Enrocamentos	Estabilidade e sanidade das rochas do enrocamento; fraturamento hidráulico; rachaduras no solo; solos de baixa Densidade.	Potencial de Liquefação; Instabilidade dos taludes; vazamento excessivo; remoção dos materiais sólidos e solúveis e erosão do talude.
Defeitos das Margens do Reservatório	Erosões, deslocamentos de falhas; Rupturas.	Permeabilidade; instabilidade e fragilidade inerentes das barreiras naturais.

15.6 Vistorias locais

A vistoria local de uma barragem e seus associados é uma parte essencial da avaliação da segurança da estrutura. As características dos locais de implantação e dos materiais influenciam o comportamento conseqüente das barragens, das estruturas associadas e suas fundações, as quais têm uma relação direta com a operação segura das estruturas. Os participantes das vistorias locais devem ser capazes de identificar perigos em potencial devido a condições que tenham ocorrido progressivamente ao longo de vários anos e que os operadores locais possam não ter reconhecido, ou que vistorias anteriores não detectaram. A vistoria e a avaliação do local devem ser guiadas e determinadas por contínua atenção, reconhecimento e compreensão das causas primárias de falhas de barragens. A detecção de modificações, de indicações de mudanças iminentes e do desenvolvimento de fragilidades estruturais e hidráulicas são objetivos fundamentais das avaliações de segurança da barragem. Os participantes devem também averiguar se os elementos estão sendo operados e projetados.

Arranjos, programação e coordenação, antes da vistoria, são necessários para uma condução eficiente e segura da vistoria e incluem o seguinte:

Item	*Subitem*
Programação operacional prévia	Alterações de descarga no vertedouro e restituição; credenciamentos de segurança; e para uso de energia
Esvaziamento	Bacias, condutos e bacias de dissipação; galerias e câmaras
Montagem de dispositivos temporários para acesso e segurança do pessoal	
Disposições especiais de transporte	Para o local; no local; exame visual por sobrevôo
Coordenação dos participantes	Operadores e engenheiros do distrito local; operadores regionais; participantes não-pertencentes à entidade
Arranjos especiais para equipes subaquáticas de vistoria	

15.7 Arranjos para vistoria

- Alojamento e transporte
- Equipamentos para a vistoria
- Programa de vistoria
- Citar nível do reservatório

15.8 Elementos a serem vistoriados

A vistoria deve ser programada para uma ocasião em que os usuários da água serão menos incomodados, numa época do ano em que a maioria dos elementos está visível e quando a maior parte do equipamento possa seroperada durante a vistoria. Os níveis desejáveis do reservatório, na ocasião da vistoria são:

- Quase no máximo
- Perto do normal
- Próximo do mínimo

O representante de campo será solicitado a fornecer mentos associados e relativos ao nível e às descargas do reservatório, valores tanto presentes como os previstos para a ocasião da vistoria.

Deve-se estabelecer, logo que possível, as aparelhagens e os equipamentos que devem ser operados durante a visita e em que extensão. As operações propostas devem ser discutidas com o representante de campo, que deve determinar se alguma das operações requer autorização especial.

Deve-se estabelecer o tempo necessário para a vistoria. A complexidade das estruturas, associada com os relatórios de vistorias anteriores e discussões com o representante de campo, devem ser usadas como guia. Deve-se destinar tempo suficiente para permitir uma vistoria completa de todos os componentes, com ampla margem para visitar novamente o local, a fim de conferir itens omitidos e/ou encontrar-se com o pessoal do empreendimento para discutir as constatações da vistoria.

Os registros devem ser pesquisados e a barragem deve ser vistoriada em razão de:

- O desempenho não estar de acordo com as previsões do projeto
- Evidência de defeitos na construção
- Aumento da percolação ou vazamento
- Perigos geológicos aparentes
- Mau funcionamento dos equipamentos mecânicos e elétricos e
- Indícios progressivos de deterioração ou enfraquecimento da estrutura e/ou fundação

As fragilidades ou deficiências podem ser identificadas pelas alterações no comportamento da estrutura das fundações, dos encontros ou das percolações.

Anotações devem ser organizadas, de modo a cobrir cada problema em potencial ou defeito identificado durante a revisão dos registros e a vistoria, não deixando ficar nada na memória.

Deve ser identificado e registrado qualquer comportamento anormal, ainda que aparentemente insignificante. O diagnóstico das condições atuais do barramento e das demais instalações, bem como uma avaliação detalhada da operação atual da barragem, devem envolver, entre outros, os seguintes aspectos:

- Levantamento e análise dos manuais de operação e manutenção
- Avaliação dos procedimentos atuais de operação, incluindo pessoal, equipamentos, recursos de apoio etc.
- Diagnósticos das estações de monitoramento e das condições operacionais
- Avaliação da implementação do sistema para monitoramento hidrológico da barragem
- Cadastramento e avaliação das instalações administrativas e operacionais existentes na barragem
- Inspeção e avaliação das estruturas do barramento, diques auxiliares e obras complementares da barragem
- Inspeção e avaliação das obras e instalações de captações
- Reconhecimento e diagnóstico das condições do uso e da ocupação das terras até a cota de inundação do reservatório
- Reconhecimento e diagnóstico das condições da faixa de segurança e da Área de Preservação Permanente do reservatório
- Avaliação e acompanhamento das atividades de monitoramento da qualidade das águas desenvolvidas
- Estação de Piscicultura
- Horto florestal
- Outras instalações do complexo.

As visitas deverão ser acompanhadas por técnicos do proprietário. Para cada uma das estruturas deverá ser preenchida uma Ficha de Inspeção detalhada. O modelo das Fichas de Inspeção deverá seguir o padrão sugerido.

Esta etapa deverá, também, ser documentada fotograficamente, para a ilustração dos aspectos mais relevantes.

A seguir são apresentados, a título de referência, os principais aspectos:

- Barragens e diques auxiliares-deslocamentos (visadas), rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, vegetação
- Instrumentação
- Barragens de Concreto
- Fissuras
- Aberturas de juntas
- Deslocamentos relativos
- Encontros e fundação – lençol freático
- Reservatório – a bacia do reservatório, embora usualmente não afete diretamente a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório
- Deslizamentos de terra, próximas à barragem e no reservatório
- Estruturas associadas – todas as estruturas associadas
- Canais de tomada e restituição – estabilidade dos taludes, dos fusíveis
- Estruturas de concreto
- Equipamento mecânico-hidráulico – verificação sistemática
- Equipamentos de indicação de níveis
- Energia auxiliar e
- Estradas de acesso

15.9 Relatório de vistoria

Objetivo: Fornecer a documentação das atividades, constatações, conclusões e recomendações resultantes de uma vistoria de segurança da barragem. Emissão dentro de 30 dias corridos após a conclusão da vistoria.

Conteúdo: Data e cota do nível máximo histórico do reservatório e a descarga máxima histórica do vertedouro.
Termos usuais:

- **Satisfatório:** Não são reconhecidas deficiências existentes ou potenciais de segurança. É esperado desempenho seguro sob todas as condições de carregamento previstas e eventuais.
- **Aceitável**: Não são reconhecidas deficiências existentes para as condições normais de carregamento.
- **Qualidade condicionalmente inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é reconhecida para condições de carregamento anormais.
- **Qualidade inferior:** Uma deficiência potencial de segurança da barragem é claramente reconhecida para as condições normais de carregamento.
- **Insatisfatório**: Uma deficiência de segurança da barragem existe para condições normais.

Conclusões e recomendações: Parte mais importante do relatório.

15.10 Análise técnica

- Avaliação da Hidrologia (rever os dados hidrológicos, critérios de cheias, precipitações, amortecimento de cheias, critérios de armazenamento, condições dos vertedouros e descarregadores de fundo)
- Avaliação Sísmica – rever
- Avaliação Hidráulica
- Avaliação da Geologia (rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, condições litológicas, dados geofísicos, níveis d’água, petrografia, geologia regional)
- Avaliação dos Problemas Geotécnicos e Estruturais
- Avaliação das Conseqüências das Falhas e
- Avaliação dos Materiais empregados na construção e ensaios realizados

16. SUGESTÃO DE LISTAGEM DE VERIFICAÇÕES PARA UMA AVALIAÇÃO

16.1 Generalidades

Quaisquer ocorrências registradas ou observadas, incidentes ou mudanças relativas a barragens e associados devem ser vistoriados por suas características, situação e idade. Muitos dos problemas são genéricos ou de natureza universal, independendo do tipo de estrutura, ou da classe da fundação.

Rever planos e especificações, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.

Rever o projeto básico, inclusive planta de arranjo geral da barragem, seções transversais e de zoneamento, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Observar quaisquer aspectos anormais ou omissões.

Rever os resumos de exploração, geologia e dados de sismicidade da barragem e do reservatório, e avaliar. Notar efeitos adversos potenciais de características geológicas conhecidas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Avaliar características geológicas críticas, quando relacionadas com a segurança da barragem. Avaliar a adequação geral dos programas de exploração. Avaliar o potencial de liquefação dos solos da fundação.

Rever os procedimentos de ensaios de laboratório e os resultados.

Rever as propriedades do projeto dos materiais da fundação e da barragem de terra e/ou de enrocamentos adotadas, e comparar com os resultados de exploração, de campo e de ensaios de laboratório, quanto à adequação. Avaliar a compatibilidade da barragem com a fundação.

Rever o resumo das análises de estabilidade, incluindo as condições operacionais e de carregamento analisadas. Notar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que apareçam.

Rever os desenhos e dados como-construído, incluindo a configuração da fundação, sumários de injeção, provisões para drenagem, mudanças na construção, tipo e profundidade da trincheira de vedação (*cutoff*), descontinuidade da fundação, tratamento especial da fundação etc., e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.

Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de alteração de construção. Avaliar sua relação com a segurança e desempenho da barragem e associados.

Rever as fotografias da construção.

Rever resumos dos resultados dos ensaios do controle da construção. Compará-los com os resultados da fase de exploração para projeto, com os resultados de ensaios e com as hipóteses de projeto.

Comparar os resumos das propriedades dos materiais e da fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados para o projeto. Avaliar a adequação dos critérios e provisões das especificações, do ponto de vista da segurança, com respeito a itens específicos, tais como:

- controle da percolação
- capacidade e potencial de entupimento dos drenos da fundação e do interior
- potencial de erosão interna (*piping*) etc.

Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises e suas relações com o presente estado-da-arte.

Avaliar se as especificações de construção, procedimentos e materiais estão compatíveis com as hipóteses gerais de projeto e condições conhecidas do local.

Rever as instalações de instrumentação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoração do provável desempenho operacional em geral ou, especificamente, os padrões comportamentais identificados.

Rever os registros da instrumentação e avaliar o significado dos resultados.

Conduzir vistoria pormenorizada do local e vizinhanças. Notar e registrar quaisquer condições anormais ou suspeitas, tais como: nascentes, surgências, áreas reviradas etc. Observar núcleos de furos selecionados, se disponíveis.

Avaliar implicações dos resultados das revisões com respeito a possível falha catastrófica da barragem.

Identificar todos os documentos revistos. Listar, como referências, no relatório em preparo.

As superfícies externas de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos podem fornecer indicações do comportamento do interior da estrutura. Por este motivo, uma vistoria completa de todas as superfícies expostas da barragem deve ser feita. Devem também ser feitas vistorias de campo, quando o reservatório estiver cheio e a barragem de terra e/ou de enrocamentos estiver igualmente sujeita às suas cargas máximas.

A barragem deve ser cuidadosamente vistoriada, em busca de quaisquer evidências de deslocamento, rachaduras, sumidouros, nascentes, pontos molhados, erosão superficial, buracos de animais, vegetação etc.

Uma visada ao longo do alinhamento das estradas da barragem de terra e/ou de enrocamentos, parapeitos, linhas de transmissão ou distribuição, cercas de proteção, canalizações longitudinais ou outros alinhamentos paralelos ou concêntricos à barragem pode revelar a existência de deslocamento superficial. A crista deve ser vistoriada para se encontrar depressões que possam diminuir a borda livre. Os taludes de montante e de jusante e as áreas a jusante da barragem de terra e/ou de enrocamentos devem ser vistoriados, à procura de qualquer sinal de protuberância ou outro desvio de planos lisos e uniformes. Quaisquer movimentos suspeitos, identificados por estes métodos, devem ser verificados por levantamentos topográficos.

As rachaduras na superfície de uma barragem de terra e/ou de enrocamentos podem ser indicadoras de muitas condições potencialmente inseguras. Elas podem ser causadas por dessecação e retração dos materiais próximos à superfície da barragem; entretanto, a profundidade e a orientação das rachaduras devem ser definidas para melhor se entender suas causas. Aberturas ou escarpas na crista da barragem de terra e/ou de enrocamentos ou nos taludes podem identificar deslizamentos. Uma vistoria rigorosa dessas áreas deve ser feita, para delinear a posição e extensão da massa deslizada. Rachaduras superficiais, próximas das zonas de contato dos encontros da barragem, podem ser uma indicação de recalque da mesma e, se forem bastante severas, podem desenvolver-se em um caminho de vazamento ao longo destas zonas de contato.

A face de jusante e o pé da barragem e áreas a jusante da barragem de terra e/ou de enrocamentos devem ser vistoriados em busca de pontos úmidos, bolhas, depressões, sumidouros ou nascentes que possam indicar percolação excessiva através da barragem. Outros indicadores de percolação são pontos moles, crescimentos anormais de vegetação e, nos climas frios, acúmulo de gelo em áreas onde ocorre rápida fusão da neve. A água de percolação deve ser vistoriada para constatar quaisquer sólidos em suspensão e, se houver suspeita de dissolução, amostras da água de percolação e da do reservatório devem ser colhidas para análises químicas. A água de percolação deve ser analisada quanto ao sabor e à temperatura, para ajudar a identificar sua origem. Se forem localizadas áreas saturadas, elas devem ser estudadas para determinar se o(s) ponto(s) úmido(s) é (são) resultante(s) de umidade superficial, percolação na barragem ou outras origens. Áreas molhadas, nascentes e bolhas devem ser corretamente localizadas e mapeadas, para comparação com vistorias futuras. A percolação deve ser medida e controlada em base periódica, para assegurar que uma tendência adversa não se desenvolva e leve a uma condição insegura.

Os sistemas de drenagem devem ser vistoriados quanto a depósitos químicos, desenvolvimento de bactérias, deterioração, corrosão ou outras obstruções que possam entupir os drenos.

Em acréscimo à verificação do desempenho previsto da barragem e da fundação, a instrumentação também pode alertar para o desenvolvimento de condições inseguras e deve ser vistoriada para seu desempenho apropriado. Os pontos de medição superficial e as instalações internas de movimentos devem ser vistoriados quanto a possíveis danos causados por vandalismo, atividade de máquinas, erosão, ou levantamentos por geadas. A proteção e os componentes estruturais do poço terminal do piezômetro, a erosão interna (*piping*) e os manômetros devem ser vistoriados, para assegurar que o sistema está sendo mantido, de tal maneira que possam ser obtidas leituras confiáveis e sem interrupção. Danos resultantes de vandalismo ou atividade de máquinas, reenchimento impróprio ou falta de tampas ou envoltórios protetores podem afetar o desempenho do tubo piezométrico. Erosões internas (*pipes*) ou vertedouros de medição usados para medir a percolação devem ser vistoriados quanto a obstruções, corrosão, deterioração e erosão. Em acréscimo à anotação de deficiências na instrumentação existente, devem ser identificadas as áreas onde instrumentação adicional é necessária.

Complementando a vistoria da barragem com o reservatório cheio, a face de montante da barragem e a área do reservatório devem ser vistoriadas durante os períodos de nível baixo, quando as condições permitirem. Todas as faces de montante da barragem devem ser vistoriadas quanto à evidência de deslizamentos, sumidouros ou deterioração dos taludes de proteção. Se os níveis de armazenamento não permitirem a vistoria, podem ser necessárias vistorias subaquáticas.

Todas as superfícies da barragem devem ser vistoriadas quanto a sinais de erosão excessiva. Causas de erosão, tais como: proteção de talude inadequada, excesso de chuvas, escoamento superficial concentrado, ou a presença de siltes ou de argilas dispersivas altamente erodíveis devem ser identificadas. As áreas adjacentes a todas as estruturas incorporadas na barragem devem ser vistoriadas quanto à erosão que possa resultar em erosão interna (*piping*) através da barragem.

As superfícies da barragem de terra e/ou de enrocamentos devem ser vistoriadas quanto a buracos de animais e vegetação. Qualquer vegetação que tenha sistema extenso de raízes ou que impeça uma visão clara da barragem ou das áreas de encontro deve ser removida. A vegetação nova e tipos de vegetação que requeiram grande quantidade de umidade são motivo de suspeita, porque podem indicar pontos úmidos na barragem. Uma diferença de cor notada dentro de uma área de um mesmo tipo de vegetação é uma boa indicação desses pontos. Fotografias infravermelhas podem detectar pontos úmidos em uma barragem.

As áreas críticas dos encontros e fundações são usualmente cobertas e não-disponíveis para uma vistoria direta. Por este motivo, importância especial deve ser colocada na revisão dos registros e documentos durante a preparação para a inspeção no local.

As características originais dos materiais da fundação e dos encontros, assim como quaisquer mudanças que possam ter sido reveladas durante a construção e a operação, devem ser avaliadas durante a revisão dos dados de instrumentação, lençol freático e percolações anteriores à vistoria do local.

A vistoria das partes a montante dos encontros e da fundação não é normalmente possível, por estar cheio o reservatório. Assim, a vistoria física é tipicamente limitada aos encontros, quinas e ao pé a jusante da barragem. Os túneis de injeção e de drenagem, estão disponíveis para a vistoria. Porções das áreas de fundação de estruturas associadas podem estar expostas para vistoria. Características de desgaste pelo tempo de materiais típicos das fundações e encontros podem ser determinadas, a partir de cortes de estradas próximas ou outras escavações. Os efeitos da saturação do material de fundação são às vezes visíveis, quando expostos na zona de variação de nível do reservatório.

Indicações de percolação prejudiciais podem ser completamente óbvias ou muito sutis. Mudanças na vazão medida por drenos monitorados são imediatamente suspeitas, se ela aumenta ou diminui. Outras indicações

de mudanças podem ser o aumento da freqüência de operação da bomba de esgotamento e o desenvolvimento de vegetação nova ou exuberante. Gráficos dos níveis de água nos poços de observação e piezômetros devem ser cuidadosamente verificados e comparados com o nível do reservatório e a precipitação local.

Quando a possibilidade de dissolução existe, amostras da água do reservatório e da percolação devem ser coletadas, para análise da sua qualidade, se tais dados não estiverem disponíveis. Tais análises podem identificar o material solúvel. Se a taxa de percolação puder ser determinada, a taxa de dissolução pode ser estimada.

16.2 Situação geral das estruturas de concreto

As estruturas de concreto da barragem, dos vertedouros, obras de restituição e subestações, todas desempenham funções hidráulicas e estruturais semelhantes; as técnicas e objetivos da vistoria são, portanto, semelhantes. As estruturas devem estar livres de todas as instalações não-autorizadas, tais como pranchões, que reduzem a capacidade de descarga através das estruturas. As superfícies de concreto devem ser vistoriadas quanto à deterioração causada por desgaste pelo tempo, tensões não-usuais ou extremas, reação química alcalina ou outra, erosão, cavitação, vandalismo etc.

As estruturas (especialmente estruturas em torre, tais como: tomadas de vertedouros de queda, tomadas de obras de restituição e poços de acesso a céu aberto) devem ser vistoriadas quanto à evidência de recalque diferencial. O alinhamento das estruturas das paredes dos canais deve ser vistoriado, tendo em vista que uma parede em balanço se deslocará mais para dentro do canal do que um painel de parede adjacente que tenha o suporte adicional de contrafortes ou algum outro tipo de reforço. As superfícies dos painéis de parede e piso, adjacentes às juntas de contração transversais e a jusante delas, devem estar niveladas ou apenas levemente afastadas da linha de escoamento da superfície do painel de montante, para evitar possível destruição do painel de jusante durante vazões de alta velocidade.

Todas as juntas de contração devem estar livres de vegetação. As aberturas de arejamento devem estar livres de detritos e escombros. Os túneis e condutos devem ser vistoriados quanto a rachaduras de tensão, saliências, deslocamentos do alinhamento e vazamento excessivo. Todas as passagens de água e de ar devem estar desobstruídas. Áreas suscetíveis de coletar escombros devem ser anotadas.

Todos os aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a afundamento ou um acréscimo de profundidade causado por movimento do solo. Os contatos entre o aterro e a estrutura devem ser vistoriados quanto à evidência de erosão interna (*piping*). Todos os taludes de corte ou aterros adjacentes à estrutura devem ser vistoriados quanto a condições instáveis.

As pontes e plataformas de guindastes, assim como seus componentes de suporte, devem ser vistoriados quanto ao seu estado e ao funcionamento adequado. Todas as guias de grades, comportas ou outros elementos mecânicos devem estar em bom estado.

Todos os drenos devem estar abertos e mostrar evidência de funcionamento adequado. A drenagem e a percolação devem ser dirigidas para longe de todas as obras metálicas, tais como: eletrodutos, tubos e ferragens. Drenos de ar dos respiradouros das bacias amortecedoras devem ser vistoriados, para determinar se as telas estão no lugar e os suspiros abertos. Os lineamentos de manchas nas paredes das estruturas para várias descargas devem ser avaliados, para uma indicação das características da vazão através da estrutura.

Rever os planos e especificações, desenhos de construção e como-construído, e relatórios de projeto para familiarização geral e compreensão das intenções.

Rever os projetos básicos, inclusive planta de arranjo geral, da barragem, seções transversais, tratamento especificado para a fundação, e injeção. Notar qualquer aspecto anormal ou omissões.

Rever características geológicas básicas e aspectos que requeiram revisão mais pormenorizada. Rever procedimentos e resultados de ensaios de laboratório.

Rever as propriedades de projeto dos materiais adotados para fundação e concreto, e comparar com os resultados de ensaios de laboratório, de exploração e de campo quanto à conformidade. Avaliar a compatibilidade da barragem e conformidade da fundação.

Rever o resumo dos resultados de análises de tensões ou análises de estabilidade, incluindo carregamento e condições operacionais analisadas. Anotar quaisquer deficiências aparentes e/ou resultados anormais que surjam.

Rever desenhos e dados como-construído, inclusive configuração da fundação, resumos de injeção da fundação e das juntas, provisões para drenagem, mudanças na construção etc., e avaliar seus efeitos potenciais no desempenho.

Rever reclamações de condições alteradas, memorandos de ação corretiva e ordens de mudança da construção. Avaliar a relação com segurança e desempenho da barragem e associados.

Rever fotografias da construção.

Rever resumo dos resultados dos ensaios de controle da construção e registro de resultados de ensaios. Compará-los com a exploração da fase de projeto e resultados de ensaios com as hipóteses de projeto.

Comparar o resumo das propriedades dos materiais e fundação, determinados durante a construção, com os critérios gerais usados no projeto. Avaliar a adequação dos critérios do ponto de vista da segurança.

Avaliar os critérios de projeto e métodos de análises, e sua relação com o presente estado-da-arte.

Identificar todos os documentos revisados. Listar, como referências, no relatório em preparo.

A proteção de canais adjacentes às estruturas de dissipação de energia deve ser vistoriada, para determinar se o seu desempenho corresponde ao que foi projetado. Atenção especial deve ser dada à possibilidade de que o material possa ser atirado para fora do canal ou de volta para dentro da estrutura durante a operação.

Todas as estruturas associadas que afetem a operação segura da barragem devem ser vistoriadas. As estruturas incluem o vertedouro, obras de restituição, subestação e canais de restituição.

Praticamente qualquer estrutura hidráulica é servida por canais de tomada e restituição, compostos de taludes cortados ou aterrados de solo ou rocha. A maioria dos vertedouros de solo ou capeados com rocha têm uma seção de controle de concreto ou de rocha para reduzir o potencial de percolação ou de erosão. Os canais de tomada e das obras de restituição estão normalmente submersos e podem requerer investigação subaquática especial.

Os canais devem ter taludes estáveis e serem livres de poças, deslizamentos e escombros. Os canais e taludes devem estar livres de todas as formas de crescimento de vegetação que obstruam a vazão. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de sumidouros, bolhas ou erosão interna (*piping*). Os canais devem apresentar um espaço satisfatório em torno das tomadas d'água e estruturas terminais, de modo que as estruturas possam operar hidraulicamente como projetado. Os canais devem ser vistoriados quanto à evidência de correntes circulatórias destrutivas. Os canais de saída devem ser verificados quanto à excessiva degradação que possa, adversamente, afetar as características hidráulicas da estrutura terminal.

O canal de aproximação, especialmente para o vertedouro, deve ter algum tipo de linha de segurança feita de troncos ou flutuadores, para conservar pessoas e escombros flutuantes afastados da estrutura de tomada. A linha de segurança deve estar apropriadamente ancorada e mostrando muito pouca evidência de encharcamento dos flutuadores ou desgaste do cabo ou correntes e esticadores, e deve ter folga adequada para operação apropriada durante níveis altos e baixos do reservatório. Estes elementos devem ser observados quanto ao manuseio e à acumulação de quaisquer detritos ou escombros.

A existência de proteções, de troncos, contra-flutuantes deve ser verificada tomando atenção quanto a:

- Submergência
- Carreamento acumulado e não-limpo
- Desamarração
- Perda de ancoragem e
- Folga inadequada para níveis baixos do reservatório

A estrutura de controle hidráulico deve ser verificada tomando atenção quanto a:

- Estabilidade
- Valor nominal da capacidade de retenção
- Erosão no pé, instalações não-autorizadas na crista, aumento do nível de armazenamento e decréscimo da capacidade de vertimento
- Pilares das comportas
- Sistemas de controle de lixo
- Lâmina e ressaltos de aeração e
- Ajustes iniciais dos sifões

O sistema de controle do nível de montante (comportas, pranchões, tampões fusíveis e barragens provisórias) devem ser verificados tomando atenção quanto a:

- Posição não-autorizada
- Arestas
- Deslocamentos do munhão da comporta
- Perda da protensão da ancoragem da comporta
- Cargas excêntricas indesejáveis de posições variáveis de comportas adjacentes
- Emperramento da vedação da comporta
- Vazamento da vedação por erosão
- Falha do sistema de lubrificação e
- Disponibilidade de recursos de tamponamento para esvaziamento e de guindastes e vigas pescadoras

Rever e avaliar os seguintes pontos relevantes para a segurança da barragem:

- dados geológicos com respeito à fundação do vertedouro e compatibilidade com o projeto estrutural;
- critérios de projeto em comparação com as normas geralmente aceitas. A avaliação incluir revisão das várias combinações de carregamento para as quais os componentes do vertedouro poderiam estar sujeitos, tais como: cargas do solo, cargas hidrostáticas, forças de subpressão, forças dinâmicas da água; e
- projeto das trincheiras de vedação (*cutoff*) de percolação, e provisões de drenagem por trás das paredes do vertedouro e por baixo das lâminas de piso, elementos de dissipação de energia.

Rever e avaliar os seguintes itens relevantes para a segurança da barragem:

- Critérios de projeto com respeito aos requisitos hidráulicos e estruturais
- Critérios operacionais inclusive capacidade das restituições para reduzir ou esvaziar completamente o armazenamento do reservatório, em caso de emergência
- Os estudos para definir a altura ótima do vertedouro
- Verificação da adequação do sangradouro aos níveis das cheias hidrológicas milenar e decamilenar
- Estado geral das estruturas, incluindo muro de contenção, paredes do vertedouro, estabilidade das fundações e erosões
- Verificação do nivelamento do vertedouro e identificação de possíveis recalques
- Estado geral dos equipamentos hidromecânicos das comportas
- Estado da drenagem dos encontros dos muros de contenção com o maciço da barragem e com as ombreiras
- Estado dos canais e bacia de dissipação

Os poços, canalizações, galerias e túneis devem ser verificados quanto a:

- Vulnerabilidade à obstrução
- Evidência de jatos de excessiva sobrepressão externa, seções transversais torcidas, rachaduras, deslocamentos e juntas circunferenciais

- Capacidade de serviço dos revestimentos (concreto e aço), deterioração de materiais, cavitação e erosão
- Queda de rochas
- Vazamento severo em tomo de rolhas de túneis e
- Sistemas de suporte para canalizações de pressão, em túneis de pessoal

O equipamento mecânico, hidráulico e elétrico associado deve ser operado ao longo de toda a faixa de operação, sob as condições reais de operação, para determinar se o equipamento se comporta satisfatoriamente. O equipamento deve ser verificado quanto à lubrificação adequada e operação suave, sem emperramento, vibração, ruídos não-usuais e sobreaquecimento. A adequação e confiabilidade do suprimento de energia podem ser também verificadas durante a operação do equipamento. Fontes auxiliares de energia e sistemas de controle remoto devem ser verificados quanto à operação adequada e confiável. Todas as partes acessíveis do equipamento devem ser vistoriadas quanto a partes danificadas, deterioradas, corroídas, cavitadas, soltas, gastas ou partidas.

Cabos devem ser vistoriados quanto à lubrificação adequada. Cabos e fios deformados, quebrados ou enferrujados devem ser anotados. Conexões de cabos de aço ou correntes nas comportas devem ser vistoriadas quanto a partes gastas ou partidas. Vedações de borracha ou neoprene das comportas devem ser vistoriadas quanto à deterioração, rachaduras, desgaste e vazamento.

Guinchos hidráulicos e controles devem ser verificados quanto a vazamentos de óleo. Pistões de guinchos ou hastes indicadoras devem ser vistoriados quanto à contaminação e quanto a áreas ásperas que possam danificar o embuchamento. As hastes das comportas e engates devem ser vistoriadas quanto à corrosão, partes quebradas ou gastas e condição do revestimento protetor. Dutos, painéis da comporta, mancais metálicos e vedações de comportas e válvulas devem ser vistoriados quanto a danos devido à cavitação, desgaste, desalinhamento, corrosão e vazamento. Bombas para esgotamento devem ser vistoriadas e operadas para verificar se o desempenho é confiável e satisfatório. Aeradores para comportas e válvulas devem ser verificados para confirmar que estão abertos e protegidos.

A operação de plataformas de guindastes e guinchos deve ser verificada quanto a:

- Cadeias e cabos de levantamento quebrados ou desligados
- Exposição de equipamento eletromecânico desprotegido ao tempo, sabotagem e vandalismo e
- Membros e conexões estruturais

A confiabilidade em serviço dos elementos eletromecânicos da restituição, de vertedouro, de bomba de poços deve ser verificada quanto a:

- Cadeias ou cabos de levantamento quebrados ou desligados
- Ensaio de operação, incluindo fontes auxiliares de energia
- Confiabilidade e ligações de serviço das fontes primárias de energia
- Verificação do conhecimento dos operadores e capacidade para operar
- Facilidade e certeza de acesso às estações de controle
- Funcionamento dos sistemas de lubrificação
- Controle de ventilação e temperatura dos ambientes úmidos e corrosivos de equipamento eletromecânico

As instruções de operação devem estar afixadas próximas aos equipamentos associados e verificadas quanto à clareza. Cada dispositivo operacional deve estar marcado, clara e permanentemente, para fácil identificação. Todos os controles de equipamentos devem ser verificados quanto à segurança adequada, de tal forma que pessoas não-autorizadas não possam operar ou manusear indevidamente o equipamento.

O equipamento (de controle) de nível do reservatório deve ser verificado quanto à operação adequada. Os sistemas de prevenção contra incêndio devem ser operados para verificar se todos os esguichos estão funcionando. O equipamento mecânico e elétrico associado deve ser vistoriado quanto à adequação da proteção ao tempo, e quanto a danos resultantes de proteção inadequada. Sistemas de ventilação e aquecimento devem ser operados e verificados quanto à capacidade adequada para controlar ambientes úmidos, para os equipamentos elétricos e mecânicos.

Escadas de acesso, caminhos e corrimãos devem ser vistoriados quanto a partes deterioradas ou quebradas, ou oxidadas, ou outras condições inseguras. Comportas-ensecadeiras (*stop-logs*), comportas-estanques e guias ou vigas pescadoras devem ser vistoriadas para determinar se estão disponíveis e em boas condições. A disponibilidade de equipamento para movimentar, suspender e colocar comportas-ensecadeiras, comportas estanques e grades deve também ser verificada.

Durante e depois da vistoria local, devem ser mantidas discussões com o operador ou encarregado da barragem para determinar se há quaisquer condições operacionais inusitadas ou problemas com o equipamento. As discussões e a operação do equipamento devem ser usadas para verificar se o operador conhece o equipamento e está qualificado para operá-lo. Procedimentos de manutenção e de uso devem também ser discutidos para determinar se eles estão adequados e de acordo com os documentos que os requerem e os especificam.

A acessibilidade dos controles para operação de comportas críticas, durante uma emergência e sob condições adversas de tempo, deve ser discutida. A possível necessidade de controles remotos deve ser considerada. Se as condições não permitirem a vistoria de uma restituição ou a operação de comportas ou válvulas, ela deve ser programada para uma data posterior com os representantes do empreendimento.

O suprimento adequado de energia auxiliar deve ser provido, durante os períodos em que a fonte normal de energia não estiver disponível, para a operação de emergência das comportas e de outros equipamentos necessários. O suprimento de combustível deve ser suficiente para operar a unidade de energia auxiliar, durante a ausência máxima prevista do suprimento de energia normal.

Durante as vistorias a fonte auxiliar de energia deve ser usada para operar comportas e outros equipamentos, a fim de determinar se o sistema está operacional e adequado. Proteção contra incêndio, escoamento adequado dos gases de escapamento e proteção contra vandalismo devem ser vistoriados. Instruções de operação, descrevendo, de modo claro, os procedimentos requeridos para colocar, manualmente, em operação o suprimento auxiliar de energia, devem estar afixadas. Sistemas automáticos devem ser verificados quanto à operação adequada. Estes sistemas normalmente não requerem instruções de operação. Todas as chaves e válvulas devem ser descritas nas instruções e claramente identificadas. A freqüência dos exercícios, os procedimentos de manutenção e os problemas operacionais devem ser discutidos com o operador.

16.3 Situação geral do reservatório e acessos

A bacia do reservatório, embora usualmente não afete, de maneira direta, a estabilidade da barragem, deve ser vistoriada quanto às características que possam comprometer a operação segura da barragem e do reservatório.

A região em torno do reservatório deve ser vistoriada quanto à indicação de problemas que possam afetar a segurança da barragem ou do reservatório. As conformações do terreno e estruturas geológicas regionais devem ser avaliadas. Devem ser vistoriadas áreas de extração de minerais, carvão, gás, óleo e água do subsolo. A região deve ser verificada quanto a indicações de sedimentação, tais como: sumidouros, trincheiras e recalque de estradas e estruturas. A reação de outras estruturas na mesma formação pode fornecer informação acerca do possível comportamento da barragem e associados.

Sempre que uma vistoria é feita, o nível do reservatório deve ser registrado. Quaisquer níveis altos ou baixos, dignos de nota, recentes, e qualquer invasão na bacia de cheia devem ser registrados.

Se as condições permitirem, a bacia do reservatório deve ser vistoriada nas ocasiões em que ela tiver nível baixo. Se isto não for possível, então vistorias subaquáticas dos locais suspeitos ou selecionados podem ser necessárias.

As superfícies da bacia do reservatório devem ser vistoriadas quanto a depressões, sumidouros, ou erosão das superfícies naturais ou revestimentos do reservatório.

A bacia do reservatório deve também ser vistoriada quanto à excessiva sedimentação que possa afetar adversamente o carregamento da barragem ou obstruir os canais de entrada para o vertedouro ou obras de restituição.

Deslizamentos, como entendidos aqui, incluem todas as formas de movimento de massa que possam afetar a barragem, associados, reservatório ou vias de acesso. Incluem áreas de deslizamentos ativas, inativas e potenciais que podem variar, desde pequenos rolamentos sobre o talude até movimentos de grande volume.

Áreas de deslizamentos podem muitas vezes ser identificadas e, possivelmente, delineadas por numerosos sinais de perigo ou movimento, os quais incluem escarpas, árvores inclinadas, áreas de vegetação morta ou morrendo, rachaduras de tensão, distorções das encostas das colinas, desalinhamento de elementos retos, invasão da vegetação marginal para dentro do reservatório e nascentes. A documentação das condições existentes utilizando fotografias é firmemente recomendada. Se for justificado, poderá ser requerido um levantamento da estabilidade do talude e do histórico do mesmo.

Deslizamentos de terra entrando num reservatório causam, na ocasião, uma onda superficial capaz de galgar a barragem, danificando seus associados, ou causando erosão excessiva em pontos críticos ao longo da borda do reservatório. Características de interesse, de deslizamentos de terra, incluem: tamanho; orientação relativa à configuração do reservatório; distância da barragem, associados, diques ou seções críticas da borda; velocidade da falha; tipo de material; e mecanismo da falha.

As causas ou mecanismos que os desencadeiam podem incluir terremotos, depressão do reservatório, níveis desusadamente altos do reservatório, erosão por ação de ondas ou saturação proveniente de excessiva precipitação. O progresso em torno do reservatório pode resultar em mudanças do equilíbrio natural por alteração dos taludes, mudanças no padrão de drenagens e mudanças no nível do lençol freático. Os sinais de progresso podem incluir estradas de acesso, terraplanagem para áreas de lazer, desmatamento, pilhas de lixo, campos de secagem e obras de drenagem.

O tempo disponível durante uma vistoria típica de segurança de barragens é insuficiente para um exame em profundidade de cada área de deslizamento existente ou potencial do reservatório. Portanto, é necessária uma revisão para determinar as áreas que devem ser vistoriadas. A identificação de condições suspeitas deve induzir a uma recomendação da equipe para um estudo em profundidade a ser feito.

Escavações para a barragem, associados e estradas de acesso perturbam os taludes naturais e a drenagem estabelecida por tempos geológicos e, na maioria dos casos, resultam numa condição menos estável. A presença de um reservatório invariavelmente muda o regime do lençol freático, o qual, por sua vez, afeta a estabilidade do talude. Enquanto o pessoal de operação está normalmente mais familiarizado com as condições na vizinhança da barragem ao longo das estradas de acesso comumente usadas, o pessoal pouco familiarizado com a área pode facilmente não notar ou compreender um sintoma de instabilidade do talude que se tenha desenvolvido lentamente. Pequenos rolamentos sobre o talude podem obstruir uma vala de drenagem, dando lugar a empoçamento da enxurrada e eventual saturação dos taludes. Pilares de amarração e telas de arame impropriamente confinados podem desprender-se, resultando em falhas no talude.

Os efeitos da precipitação extrema nas áreas de deslizamentos existentes e potenciais, ao longo das estradas de acesso, devem ser avaliados. Avaliações semelhantes devem ser feitas com relação aos taludes ao longo dos canais de tomada e de jusante, para determinar se as características de capacidade de vazão do vertedouro e obras de restituição estão adversamente afetadas. Taludes acima das estruturas de acesso e de controle, cuja falha possa impedir o acesso ao elemento, ou a operação dele, devem ser vistoriadas.

A operação segura de uma barragem depende de meios de acesso adequados e seguros. Usualmente, o único acesso a uma barragem é por estrada. A estrada deve ser de construção para qualquer tempo, adequada para a passagem de automóveis e de qualquer equipamento requerido para o serviço da barragem, sob

quaisquer condições de tempo. O material do piso deve ser adequado para suportar as cargas previstas. Os taludes de todos os cortes e aterros, ladeira acima e abaixo da estrada, devem ser estáveis em todas as condições. A superfície da estrada e dos tabuleiros das pontes deve estar localizada acima do nível máximo projetado das águas, para quaisquer cursos d'água adjacentes. Se a estrada de acesso não é capaz de servir satisfatoriamente durante uma emergência, meios alternativos de acesso devem ser prontamente obteníveis, tais como helicópteros ou trilhas para equipamentos para qualquer terreno (jipe, por exemplo).

16.4 Avaliação geológica e geotécnica

As áreas primárias de preocupação geológica são as bordas do reservatório, a estabilidade dos encontros, a percolação e os riscos de deslizamentos de terra. A análise geológica necessita, muitas vezes, localizar ou estabelecer conhecimento em pormenores, da estrutura da rocha, da sismicidade induzida e dos efeitos relacionados com sismos, e das propriedades geofísicas das barragens de terra e/ou de enrocamentos e fundações. A análise consistirá de uma revisão de dados geofísicos, instrumentação, registros e relatórios de percolações passadas, movimentos de lençóis freáticos, estudo das propriedades dos materiais e estruturas, e interpretações de fotografia aérea por sensoramento remoto.

Todos os dados de instrumentação disponíveis devem ser revistos durante a avaliação. Se não há dados ou se os dados disponíveis são limitados uma determinação é feita quanto à necessidade de instrumentação adicional para avaliar um problema potencial de segurança de barragem.

A estabilidade estática da barragem e da fundação será analisada quanto ao recalque, deslocamento e umedecimento excessivo. Dados tais como mapas geológicos, registros de perfuração, ensaios de laboratório, superfície freática e métodos de construção devem ser usados, quando disponíveis. Hipóteses de resistência baseadas nos tipos, gradações e ao cisalhamento, para análise, métodos de compactação dos materiais pressupõem que uma condição de resistência a longo prazo, consolidada e drenada, tenha sido atingida. Superfícies freáticas são estimadas, utilizando dados piezométricos, quando disponíveis, ou são estabelecidas, baseadas na zonificação da barragem e na configuração do talude. Análises de estabilidade devem ser normalmente executadas para uma condição de percolação estacionária.

A estabilidade à percolação de uma barragem e fundação é focalizada em itens tais como o aumento da percolação com o tempo, a presença de sumidouros, cavidades ou bolhas de areia, e utilizará registros de informações na avaliação. Análises de percolação, como as por gradientes críticos, por construção de redes de escoamento e por elementos finitos, são executadas quando necessárias e quando dados suficientes estão disponíveis. A integridade de controle da percolação dos filtros, drenos, coberturas e materiais de zonas de transição é também analisada.

Rever mapeamentos geológicos, plantas e seções transversais, mostrando todos os elementos da exploração e resumindo interpretações dos perfis de sondagem e geológicos, incluindo pelo menos a barragem, estruturas associadas, fontes de material e, se disponível, a geologia do reservatório. Deve ser dada especial atenção aos aspectos geológicos que influenciem considerações de projeto, tais como: zonas de cisalhamento, falhas, fraturas abertas; camadas, juntas, fissuras ou cavernas; deslizamentos de terra; variabilidade de formações; materiais compressíveis ou liquefatíveis; planos de estratificação fracos etc.

Rever registros pormenorizados de exploração, inclusive condições litológicas e físicas dos materiais encontrados, dados de ensaio da água, resultados dos ensaios de penetração normal e outros ensaios de resistência, e freqüência e tipos das amostras obtidas dos ensaios de laboratório.

Rever dados geofísicos.

Rever estudos petrográficos ou químicos dos materiais da fundação e dos materiais naturais de construção.

Rever as partes geológicas de todos os relatórios relevantes do local, desde estudos preliminares de reconhecimento até os registros finais de como-construído.

Rever fotografias aéreas do local e do reservatório.

Rever estudos geológicos regionais, publicados ou não, que sejam relevantes para a locação da barragem e do reservatório.

Examinar as características pertinentes da geologia da área nos locais da barragem e associados, locais de empréstimos e de bota-fora, e, na medida do possível, na bacia do reservatório. Examinar núcleos representativos recuperados da exploração do local, particularmente das zonas indicadas nas testemunhas como sendo severamente quebradas, desgastadas pelo tempo ou altamente permeáveis.

16.5 Apreciação dos estudos hidrológicos

Avaliar a capacidade do vertedouro para passar todas as cheias de projeto, sem colocar a barragem em perigo. Avaliar provisões redundantes para passar seguramente as cheias, caso as comportas falhem em operar completamente por qualquer motivo.

Rever as provisões (proteções, de troncos, contra-flutuantes etc.) para conservar a entrada do vertedouro livre de obstruções.

Avaliar o amortecimento da cheia para determinar a possibilidade de galgamento da estrutura existente.

Avaliação em termos de reconhecimento dos riscos a jusante, conseqüentes da inundação, em caso de falha da barragem existente.

Revisão das condições da bacia a montante, particularmente para mudanças no uso, tais como: novos desenvolvimentos urbanos ou barragens de armazenamento.

Absorção, pelo reservatório, da hidrógrafa da PMF, usando hipóteses conservadoras.

Rever o resumo de dados hidrológicos contido nos relatórios do empreendimento.

Rever os relatórios de projeto, manuais de operação e manutenção, planos e especificações de contrato relativos a vertedouro e instalações de restituição para familiarização com o projeto.

Rever os procedimentos e programas de operação sazonal da comporta.

Verificar da capacidade de acumulação do reservatório, incluindo batimetria e topo-hidrografia da área da bacia hidráulica, quando necessário.

Determinar ou reavaliar as vazões regularizadas do reservatório para diferentes garantias (100%, 95%, 90%, 85% e 80%). Este estudo deverá considerar a interferência com outros reservatórios (construídos e projetados), o que permitirá definir e avaliar o atendimento real da demanda para cada uso previsto para a barragem.

16.6 Instrumentação de advertência, segurança e desempenho

Rever as instalações de instrumentação na barragem e na fundação e avaliar a adequação da instrumentação para monitoramento do desempenho operacional provável em geral ou para modelos de comportamento especificamente identificados.

Verificar:

- Piezômetros, registradores de fluxo, acelerômetros, sismoscópios, medidores de juntas e pontos de manômetros, medidores de tensões, medidores de deformações, clinômetros, fios-prumo diretos e invertidos, marcos de referência de superfície, registradores de nível e extensômetros
- Competência para o serviço
- Acesso às estações de leitura
- Tipo e localização adequada para a condição a ser observada
- Necessidade de recalibragem

- Leituras falsas, fontes e motivos
- Sistemas de alarme operáveis e colocados em pontos apropriados
- Leituras esporádicas de verificação durante as vistorias, e
- Questionamento dos operadores, para determinar seu conhecimento do objetivo e funcionamento dos instrumentos.

Rever os registros da instrumentação e avaliar a significância dos resultados.

16.7 Alteração nas características dos materiais e ocorrências genéricas

Observar materiais defeituosos, inferiores, inadequados ou deteriorados.

Concreto:

- Reação agregado-álcalis, aspectos estranhos e rachaduras
- Lixiviação
- Ação da geada
- Abrasão
- Lascamento
- Deterioração geral e
- Perda de resistência

Rocha:

- Desintegração
- Amolecimento e
- Dissolução

Solos:

- Degradação
- Dissolução
- Perda de plasticidade
- Perda de resistência e
- Alteração mineralógica

Solo-cimento:

- Perda de cimentação e
- Fragmentação

Metais:

- Eletrólise
- Corrosão
- Corrosão sob tensão
- Fadiga
- Corte e ruptura e
- Esfoliamento

Madeira:

- Apodrecimento
- Encolhimento
- Combustão e
- Ataque por organismos

Tecidos de revestimento:

- Perfurações
- Separação de uniões
- Deterioração pela luz
- Desintegração das vedações-limites e
- Perda de plasticidade e flexibilidade

Borracha e elastômeros:

- Endurecimento
- Perda de elasticidade
- Deterioração pelo calor e
- Degradação química

Vedações de juntas:

- Perda de plasticidade
- Encolhimento e
- Derretimento

Observar as ocorrências genéricas quanto a suas características, localização e tempo de existência. Essas ocorrências são de natureza universal, a despeito do tipo de estrutura ou classe de fundação.

- Percolação e vazamento
- Relação descarga-nível
- Aumentando ou diminuindo
- Turvação e erosão interna (*piping*)
- Cor
- Sólidos dissolvidos
- Localização e formato
- Temperatura
- Gosto
- Evidência de pressão
- Bolhas e
- Tempo de existência e duração

Drenagem:

- Obstruções
- Precipitados químicos e depósitos
- Queda desimpedida
- Disponibilidade de bomba de poço e
- Crescimento de bactérias

Cavitação:

- Picotamento de superfície
- Evidência sonora
- Implosões e
- Bolsas de vapor

Tensões e deformações – evidências e indícios

- No concreto:
    - Rachaduras
    - Esmagamentos
    - Deslocamentos
    - Desvios
    - Cisalhamentos e
    - Fluência
- No aço:
    - Rachaduras
    - Estiramentos
    - Contrações
    - Dobramentos e
    - Flambagens
- Na madeira:
    - Esmagamento
    - Flambagem
    - Dobramento
    - Cisalhamentos
    - Alongamentos e
    - Compressões
- Na rocha e nos solos:
    - Rachaduras
    - Deslocamentos
    - Recalque
    - Consolidação
    - Afundamento
    - Compressão e
    - Zonas de alongamento e compressão

16.8 Levantamento das entidades civis organizadas

Deverão ser cadastradas as entidades civis cujas atuações interfiram nos usos e preservação dos recursos hídricos, listando, no mínimo, as seguintes informações:

- Nome e tipo de atuação
- Localidades da atuação
- Tempo de existência e
- Composição/representatividade

ANEXOS

ANEXO A – Modelo alternativo de avaliação do potencial de risco
ANEXO B – Roteiro para inspeção de açudes e modelo de lista de inspeção
ANEXO C – Anomalias
ANEXO D – Modelo de Plano de Ação Emergencial (PAE)

ANEXO A

MODELO ALTERNATIVO DE AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RISCO

MATRIZ POTENCIAL DE RISCO

1 Introdução

O objetivo principal da matriz proposta é apresentar um modelo alternativo para obter-se uma classificação das barragens, essencialmente quanto à sua segurança estrutural, importância estratégica e riscos para populações a jusante, hierarquizando-as, de forma a proporcionar ao Ministério da Integração Nacional, por meio de sua Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica – SIH, um meio eficaz de planejar e programar a alocação dos recursos necessários à sua manutenção dentro dos padrões de segurança exigidos pela legislação oficial e as Normas Técnicas Brasileiras.

Embora a mesma contenha ou forneça alguns elementos de interesse estratégico quanto à segurança no manejo do recurso hídrico envolvido, é importante destacar que não é esse o objetivo precípuo da classificação sugerida.

Também deve ficar registrado que esta é uma “matriz piloto”, cuja metodologia de avaliação de potencial de riscos vem sendo aplicada com sucesso no Estado do Ceará pela COGERH para as 116 barragens por ela monitoradas e está sujeita a aferições nos parâmetros e pontuações, fruto da experiência dos técnicos que detêm conhecimentos específicos e/ou familiaridade com barragens, para cada órgão específico.

Compõe a matriz um primeiro conjunto de parâmetros ou características técnicas do projeto que, pela sua magnitude, permitem retratar o grau de Periculosidade (P) intrínseca do mesmo (item 1.1).

Um segundo conjunto (item 1.2), envolvendo aspectos relacionados com o estado atual da barragem, com a sua história e com a operacionalidade e/ou facilidade de manutenção de suas estruturas hidráulicas, permite avaliar o grau de Vulnerabilidade (V) atual.

O terceiro conjunto (item 1.3) – Importância (I), reúne parâmetros que, por seu vulto ou magnitude, conferem o valor estratégico associável à barragem no caso de eventual ruptura.

Finalmente, o item 1.4 – Potencial de Riscos (PR) sugere a classificação de enquadramento da barragem segundo o nível de risco à sua segurança. Essa classificação está associada a índices do Potencial de Risco (PR) e de Vulnerabilidade (V).

1.1 PERICULOSIDADE – P

DIMENSÃO DA BARRAGEM (a)	VOL. TOTAL DO RESERVATÓRIO (b)	TIPO DE BARRAGEM (c)	TIPO DE FUNDAÇÃO (d)	VAZÃO DE PROJETO (d)
Altura ≤ 10m e Comprimento ≤ 200m (1)	Pequeno < 20hm^3 (3)	Concreto (4)	Rocha (1)	Decamilenar (1)
10m < Altura < 20m e Comprimento ≤ 200m (3)	Médio até 200 hm^3 (5)	Alvenaria de pedra/concreto rolado (6)	Rocha alterada Saprolito (4)	Milenar (2)
20 ≤ Altura ≤ 50m ou Comprimento 200m a 3000m (6)	Regular 200 a 800hm^3 (7)	Terra Enrocamento (8)	Solo residual/ Aluvião até 4m (5)	500 anos (4)
Altura > 50m e Comprimento > 500m (10)	Muito Grande > 800hm^3 (10)	Terra (10)	Aluvião arenoso espesso/ Solo orgânico (10)	Inferior a 500 anos ou Desconhecida (10)

NOTA – Se a vazão for desconhecida, deverá ser reavaliada, independentemente da pontuação.

P >30 – Elevado
20 < P ≤30 – Significativo
10 ≤ P ≤ 20 – Baixo a Moderado

P= S (**a** a **e**)

1.2 VULNERABILIDADE – V

(ESTADO DE CONDIÇÃO ATUAL DA BARRAGEM)

TEMPO DE OPERAÇÃO (f)	EXISTÊNCIA DE PROJETO (AS BUILT) (g)	CONFIABILIDADE DAS ESTRUTURAS VERTEDOURAS (h)	TOMADA DE ÁGUA (i)	PERCOLAÇÃO (j)	DEFORMAÇÕES AFUNDAMENTOSAS SENTAMENTOS (k)	DETERIORAÇÃO DOS TALUDES/ PARAMENTOS (l)
> 30 anos (0)	Existem *as built* Projetos e Avaliação do Desempenho (1)	Muito Satisfatória (2)	Satisfatória Controle a montante (1)	Totalmente Controlada pelo sistema de drenagem (1)	Inexistente (0)	Inexistente (1)
de 10 a 30 anos (1)	Existem Projetos e *as built* (3)	Satisfatória (3)	Satisfatória Controle a jusante (2)	Sinais de umedecimento nas áreas de jusante, taludes ou ombreiras (4)	Pequenos abatimentos da crista (2)	Falhas no rip-rap e na proteção de jusante (3)
de 5 a 10 anos (2)	Só projeto básico (5)	Suficiente (6)	Aceitável (3)	Zonas úmidas em taludes de jusante, ombreiras, área alagada a jusante devido ao fluxo (6)	Ondulações pronunciadas, fissuras (6)	Falha nas proteções, drenagens insuficientes e sulcos nos taludes (7)
< 5 anos (3)	Não existe projeto (7)	Não satisfatório (10)	Deficiente (5)	Surgência de água em taludes, ombreiras e área de jusante (10)	Depressão na crista, afundamentos nos taludes, ou na fundação/trincas (10)	Depressão no *rip-rap* Escorregamento, sulcos profundos de erosão, vegetação (10)

NOTA: Pontuação (10) em qualquer coluna implica intervenção na barragem, a ser definida com base em inspeção especial.

V= S (**f** a **l**)

$V > 35$ – Elevada
$20 \leq V \leq 35$ – Moderada a Elevada
$5 \leq V < 20$ – Baixa a Moderada
$V < 5$ – Muito baixa

1.3 IMPORTÂNCIA – I

- Volume útil do reservatório (população beneficiada)
- População a jusante
- Custo da barragem

VOL. ÚTIL hm^3 (m)	POPULAÇÃO A JUSANTE (n)	CUSTO DA BARRAGEM (o)
grande (2) > 800	grande (2,5)	elevado (1,5)
médio (1,5) 200 a 800	média (2,0)	médio (1,2)
baixo (1) < 200	pequena (1,0)	pequeno (1,0)

$$I = \frac{m + n + o}{3}$$

1.4 POTENCIAL DE RISCO – PR

CLASSE	POTENCIAL DE RISCO – PR
A	**> 65 (OU V=10) – ALTO**
B	**40 A 65 – MÉDIO**
C	**25 A 39 – NORMAL**
D	**15 A 24 – BAIXO**
E	**< 15 – MUITO BAIXO**

$$PR = \frac{(P + V)}{2\,I}$$

NOTAS:

1. Barragens com PR acima de 55 devem ser reavaliadas por critérios de maior detalhe.
2. Barragens incluídas na classe A exigem intervenção, a ser definida com base em inspeção especial.

ANEXO B

ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE AÇUDES E MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO

ROTEIRO PARA INSPEÇÃO DE AÇUDES

I. CONSIDERAÇÃOES GERAIS

O objetivo da inspeção é identificar anomalias ou preocupações que afetem potencialmente a segurança da barragem. Assim, é importante inspecionar a superfície completa da área de um maciço. A técnica geral é caminhar sobre os taludes e o coroamento, tantas vezes quantas sejam necessárias, de forma a observar a superfície da área claramente.

De um determinado ponto sobre a barragem, pequenos detalhes podem usualmente ser vistos a uma distância de 3 a 10 metros em qualquer direção, dependendo da rugosidade da superfície, vegetação ou outras condições de superfície. Para que toda a superfície da barragem tenha sido coberta, serão necessários alguns passos a serem, cumpridos. Na verdade, não importa o tipo de trajetória que seja dada, o importante é que toda a superfície tenha sido coberta.

TRAJETÓRIAS	DESCRIÇÃO
Caminho em ziguezague	Caminhar subindo e descendo os taludes e atravessando a crista em diagonal
Caminho em paralelo ao eixo da barragem	Bom para pequenos barramentos

Em intervalos regulares, enquanto se caminha pelos taludes e coroamento, deve-se parar e olhar em todas as direções:

- observar a superfície a partir de diferentes perspectivas, o que pode revelar uma deficiência que poderia de outra forma não ter sido observada;
- verificar o alinhamento da superfície.

Observando o talude à distância, pode-se revelar um número de anomalias tais como: distorções nas superfícies do maciço, ausência de revestimento etc.

As áreas onde o aterro encosta-se às ombreiras deverão ser inspecionadas com muito cuidado, porque:

- estas áreas são suscetíveis à erosão superficial;
- freqüentemente aparecem percolações nos contatos mais sujeitos à percolação.

II. DETECTANDO ANOMALIAS

- Tipos de anomalias mais comum de serem encontradas
- impacto das anomalias na segurança de uma barragem
- ações que devem ser tomadas quando identificadas as anomalias

III. TIPOS DE ANOMALIAS COMUMENTE ENCONTRADAS NOS AÇUDES

As barragens estão sujeitas a alguns tipos de anomalias que incluem:

1) Revências (percolação)
2) Trincas ou fraturas
3) Instabilidade
4) Depressões:
   - Recalques localizados
   - Afundamentos
5) Afetadas pela má manutenção:
   - Proteção inadequada do talude
   - Erosão superficial
   - Árvores e arbustos
   - Tocas de animais

1. PERCOLAÇÕES

A passagem da água pelo maciço e fundação é chamada de percolação.

A percolação torna-se um problema quando o solo do maciço ou da fundação é carreado pelo fluxo de água, ou quando ocorre um aumento de pressão na barragem ou na fundação. A percolação, quando não controlada pela drenagem interna incorporada na barragem e fundação, é geralmente chamada de percolação não controlada.

1.1 Tipos de Controle de Percolação:

Drenos internos: interceptam e descarregam o fluxo com segurança. Incluem o dreno de pé, o tapete horizontal e o dreno vertical (ou inclinado).

Poços de alívio: são instalados junto ao pé de jusante para reduzir os danos potenciais das subpressões dos materiais mais permeáveis subjacentes à camada

menos permeável (argilosa). Tais subpressões podem acarretar erosão interna do material de fundação e instabilidade do maciço. Ajudam também a controlar a direção e a quantidade de fluxo sob a barragem.

1.2 Problemas de Percolação:

Problemas de saturação: aumento de poropressões e saturação no maciço e na fundação causa perda de resistência.

Piping: quando a erosão começa a remover material no ponto de saída, ela progride para a direção do reservatório, dando origem ao *piping.*

Indicação de percolação: áreas molhadas com excesso de vegetação.

O contato do maciço com a ombreira é especialmente favorável à percolação, porque o aterro próximo ao maciço às vezes é difícil de ser compactado.

Ações de inspeção:

- Locar os pontos de revências
- Medir as vazões e a turbidez
- Registrar a ocorrência de precipitação recente que possa afetar a medição e turbidez da água
- Anotar o nível do reservatório no momento da medição da vazão
- Aumento da vazão com a elevação do reservatório é preocupante

Pode-se usar corante para confirmar se o reservatório é a fonte da percolação (procedimento não-rotineiro).

Caso haja saída de material:

- Verificar a granulometria do material carreado
- Medir a vazão
- Comunicar em seguida à instância superior para avaliar a ameaça à integridade da barragem e as medidas corretivas a serem tomadas.

Medidores de vazão avermelhados podem indicar que material de aterro e fundação tem sido carreado. Pode tratar-se, no entanto, de material superficial carreado até a estrutura. Esta dúvida deve ser esclarecida.

Se um dreno nunca funcionou:

- Pode significar que o dreno foi projetado e instalado incorretamente; ou
- Ter sido colmatado (obstruído): o fluxo pode sair no talude de jusante, gerando problemas de instabilidade

Na inspeção dos poços de alívio, observar:

- A locação de cada poço em relação ao projeto;
- Checar visualmente se há fluxo de água:
- Se não há fluxo: determinar se o fluxo deveria estar presente, baseando-se na estimativa de prévias leituras em relação ao nível do reservatório.
- Se há fluxo: medir a vazão.

É importante verificar a cor da água percolada.

2. TRINCAS:

As trincas no maciço se enquadram nas três categorias a seguir:

- Trincas de ressecamento (devido ao ressecamento e contração do solo)
- Trincas transversais
- Trincas longitudinais

2.1 Trincas de ressecamento

Crista ou talude jusante

Ações de inspeção:

- Fotografar e registrar a locação, direção, profundidade, comprimento e largura
- Comparar com medições anteriores

2.2 Trincas transversais

Perigosas, se prosseguem até o nível abaixo da cota de reservação, pois podem criar um caminho de percolação concentrado. Indicam a presença de recalques diferenciais dentro do aterro ou da fundação. Freqüentemente ocorrem quando há:

- Material compactado do maciço sobre ombreiras íngremes e irregulares
- Zonas de materiais compressíveis na fundação

Ações de inspeção:

- Fotografar e registrar a locação, direção, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada
- Monitorar as mudanças nas trincas
- Determinar a causa

2.3 Trincas longitudinais

Ocorrem na direção paralela ao comprimento da barragem. Podem indicar:

- Recalques desiguais entre materiais de diferentes compressibilidades no maciço
- Recalques excessivos e expansão lateral do maciço
- Começo de instabilidade do talude

Permitem a penetração de água no maciço. Quando a água penetra no maciço, a resistência do material junto à trinca é diminuída. A redução da resistência pode acelerar o processo de a ruptura do talude.

Ações de inspeção:

- Fotografar e registrar a locação, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada
- Monitorar as mudanças nas trincas
- Determinar a causa

3. INSTABILIDADE DE TALUDES:

É referida aos vários deslizamentos, deslocamentos e pode ser agrupada em duas categorias:

- Ruptura superficial
- Ruptura profunda

3.1 Ruptura superficial

Talude de montante: rebaixamento rápido com deslizamentos superficiais. Não causam ameaça à integridade da barragem, mas podem causar obstrução da tomada de água e deslizamentos progressivos mais profundos.

Talude de jusante: deslizamentos rasos provocam aumento na declividade do talude e podem indicar perda de resistência do maciço, por saturação do talude, por percolação ou pelo fluxo superficial.

Ações de inspeção:

- Fotografar e registrar a locação, direção, profundidade, comprimento e largura de cada trinca observada
- Medir e registrar a extensão e deslocamento do material movimentado
- Procurar por trincas nas proximidades, especialmente acima do deslizamento
- Verificar percolações nas proximidades
- Monitorar a área para determinar se as condições estão evoluindo

3.2 Ruptura profunda

É séria ameaça à integridade da barragem. É caracterizada por:

- Talude de deslizamento íngreme bem definido
- Movimento rotacional e horizontal bem definido
- Trincas em formato de arco

Ações de inspeção:

As rupturas profundas, tanto no talude de montante como de jusante, podem ser indicações de sérios problemas estruturais. Na maioria dos casos, irá requerer o rebaixamento ou drenagem do reservatório para prevenir possíveis aberturas do maciço.

Se há suspeita de deslizamento, deve-se:

- Inspecionar com muito cuidado a área trincada ou escorregada que indique a causa do deslizamento
- Recomendar uma investigação para determinar a magnitude e a causa do evento, caso a suspeita seja de ruptura profunda
- Recomendar o rebaixamento do reservatório

4. DEPRESSÕES

Podem ser localizadas ou abrangentes.

Podem ser causadas por recalque no maciço ou fundação. Tais recalques podem resultar na redução da borda livre (folga) e representa um potencial para o transbordamento da barragem durante o período das cheias.

A ação das ondas no talude de montante pode remover o material fino do maciço ou a camada de apoio (transição) do rip-rap, descalçando-o e formando uma depressão quando o rip-rap recalca sobre o espaço vazio.

Erosão regressiva ou *piping* com o subseqüente colapso do material sobrejacente.

Algumas áreas da superfície do maciço que pareciam depressões ou afundamentos podem ter sido resultado de finalização inadequada da construção, mas, mesmo assim, a causa deve ser determinada.

As depressões podem ser de dois tipos:

- Os ***recalques localizados,*** que apresentam inclinações suaves em formato de bacia
- Os ***afundamentos*** *(sinkholes),* que apresentam lados íngremes por colapso (cisalhamento) devido a um vazio no solo subjacente

Ações de inspeção:

Recalques localizados: embora os recalques, na maioria dos casos, não representem perigo imediato para a barragem, eles podem ser indicadores iniciais de outros sérios problemas. A inspeção deverá:

- Fotografar e registrar a locação, tamanho e profundidade de cada recalque observado
- Examinar e, cuidadosamente, o fundo da depressão localizada para determinar se existe um vazio subjacente ou fluxo de água que poderia indicar a presença de um afundamento

Afundamentos:

- Examinar cuidadosamente o fundo da depressão localizada para determinar se existe um grande vazio subjacente
- Fotografar e registrar a locação, tamanho e profundidade do afundamento observado
- Investigar a causa do afundamento e determinar se existe ameaça à barragem

5. ANOMALIAS AFETADAS PELA FALTA DE MANUTENÇÃO:

Manutenção inclui medidas de rotina a serem tomadas para proteger e manter a barragem. As anomalias associadas à manutenção inadequada incluem:

- Proteção inadequada de taludes
- Erosão superficial
- Crescimento de vegetação (não apropriado)
- Tocas de animais.

a) Proteção inadequada de Taludes

A proteção dos taludes existe para prevenir a erosão dos mesmos. Existem quatro tipos básicos:

- Rip-rap
- Alvenaria de pedra ou laje de concreto
- Proteção vegetal
- Proteção com brita, pedregulhos e/ou bica corrida

Rip-rap

Basicamente é utilizado na proteção dos taludes de montante e é formado por duas camadas de materiais:

- Camada(s) interna(s): filtro ou transição formado por areias e pedregulhos de granulometrias controladas para prevenir a perda de solo do maciço através dos vazios do enrocamento
- Camada externa: formada por pedras de tamanhos suficientes para não serem carreadas pelas ondas do reservatório

Alvenaria de pedra ou laje de concreto (utilizado em antigos açudes do Dnocs: Pompeu Sobrinho, General Sampaio e outros)

A constante ação das ondas pode resultar em:

- Processo de formação de praias no pé do talude pela deposição do material subjacente à proteção, carreado por vazios ou trincas na laje de alvenaria ou concreto. Pode provocar a remoção/trincamento ou afundamento da proteção. A continuidade do processo pode abater o talude, levar ao aumento da percolação e à instabilidade do talude
- Degradação da proteção do talude pelo trincamento e quebra da proteção devido ao desgaste provocado pela ação das ondas. A proteção deverá ser reparada ou reposta

Proteção vegetal

Falhas na proteção do talude podem levar a erosões estreitas e profundas que deverão ser prontamente reparadas. Não é recomendável para ser adotada em regiões áridas.

Proteção com material granular

As falhas podem ocorrer por falta de compactação do material do talude e/ou por deficiência da drenagem superficial.

Ações de inspeção:

- Verificar se a proteção é adequada o bastante para prevenir erosão
- Procurar formação de praias, taludes íngremes e degradação da proteção

Se a proteção for considerada inadequada:

- Registrar e fotografar a área
- Determinar a quantidade de material removido
- Reparar a proteção inadequada

b) Erosão superficial

É um dos problemas de manutenção mais comuns de estruturas de aterros. Se não for corrigida a tempo, podem tornar-se problemas muito sérios.

Erosões profundas:

- Causam trincas e brechas no coroamento
- Encurtam o caminho de percolação devido à redução da seção transversal da barragem

c) Árvores e arbustos

O crescimento de árvores e arbustos, tanto nos taludes de montante e jusante quanto na área imediatamente à jusante da barragem, deve ser prevenido pelas seguintes razões:

- Permite o levantamento e inspeção das estruturas e áreas adjacentes visando observar percolação, trincas, afundamentos, deflexões, mal funcionamento do sistema de drenagem e outros sinais de perigo
- Permite acesso adequado às atividades de operação normal e de emergência e manutenção
- Previne danos às estruturas devido ao crescimento das raízes, tais como encurtamento do caminho de percolação, vazios no maciço pela decomposição de raízes ou arrancamento de árvores, expansão de juntas nos muros de concreto, canais ou tubulações, entupimento de tubos perfurados de drenagem
- Desencoraja as atividades (pela eliminação da fonte de alimentação e hábitat) de animais visando prevenir tocas dentro do maciço e possíveis caminhos de percolação
- Permite o fluxo livre de água nos sangradouros, tomadas de água, drenos, entrada e saída de canais.

d) Tocas de animais

Podem até levar à ruptura da barragem por **erosão interna** (*piping*) quando passagens ou ninhos de animais:

- Fazem a conexão do reservatório com o talude de jusante ou o encurtamento dos caminhos de percolação
- Penetram no núcleo central da barragem

Buracos rasos ou confinados num lado do aterro, ou tocas na parte inferior do talude, onde a seção transversal é extensa, são menos perigosos do que buracos em seções mais estreitas.

Ações de inspeção:

- Procurar por evidências de percolação provenientes de tocas no talude de jusante ou na fundação
- Locar e registrar a profundidade estimada das tocas para comparar com as futuras inspeções a fim de verificar se o problema está evoluindo
- Se representar perigo para a barragem, remover e erradicar as tocas

MODELO DE LISTA DE INSPEÇÃO

DADOS GERAIS – CONDIÇÃO ATUAL

Barragem:	
Empreendimento:	
Região:	
Vistoriado por:	
Data da vistoria:	
Estado operacional da vistoria	
Superfície da água no reservatório	Ha
Armazenamento no reservatório	m^3
Nível máximo de operação - cota	m
Cota máxima da superfície da água no reservatório	m
Nível máximo histórico do reservatório	m
Barramento	
Tipo	
Altura	m
Comprimento da Crista	m
Descargas	
Vertedouro	m^3/s
Obras de restituição	m^3/s
Canal	m^3/s
Descarregador de Fundo	m^3/s
Tomada D'Água	m^3/s

LISTA PARA INSPEÇÃO FORMAL DO AÇUDE

Legenda:

SITUAÇÃO:
NA – Não Aplicável
NE – Não Existente
PV – Primeira Vez
DS – Desapa receu
DI – Diminuiu
PC – Permaneceu Constante
AU – Aumentou
NI – Não Inspecionado (Justificar)

NÍVEL DE PERIGO: (NP) (*)
0 - Nenhum
1 - Atenção
2 - Alerta
3 - Emergência

(*) NÍVEL DE PERIGO:

0 – Nenhum: anomalia que não compromete a segurança da barragem, mas que pode ser entendida como descaso e má conservação;

1 – Atenção: anomalia que não compromete a segurança da barragem a curto prazo, mas deve ser controlada e monitorada ao longo do tempo;

2 – Alerta: anomalia com risco à segurança da barragem, devem ser tomadas providências para a eliminação do problema;

3 – Emergência: risco de ruptura iminente, situação fora de controle.

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
A. INFRAESTRUTURA OPERACIONAL										
Falta de documentação sobre o açude	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de material para manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de treinamento do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso de veículos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de energia elétrica	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de sistema de comunicação eficiente	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência de cercas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência nas placas de aviso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de acompanhamento da gerência ou do (indicar o órgão responsável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
B. BARRAGEM										
B.1 TALUDE DE MONTANTE										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rip-rap incompleto, destruído ou deslocado	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
B.2 COROAMENTO										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na drenagem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do meio-fio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ameaça de lavar barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
B.3 TALUDE DE JUSANTE										
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras/afundamento (laje de concreto)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Proteção Granular	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou defeitos no revestimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Afundamentos e buracos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos encontros das ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Cavernas e buracos nas ombreiras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Canaletas quebradas ou obstruídas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Formigueiros, cupinzeiros ou tocas de animais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de movimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de revência ou áreas úmidas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
B.4 Região a Jusante da Barragem										
Construções irregulares próximas ao leito do rio	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Revência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Árvores/arbustos na faixa de 10m do pé da barragem	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
B.5 Instrumentação										
Acesso precário aos instrumentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Piezômetros entupidos ou defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Marcos de recalque defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de nível do reservatório defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Medidores de vazão de percolação defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de instrumentação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C. SANGRADOURO										
C.1 CANAIS DE APROXIMAÇÃO E RESTITUIÇÃO										
Árvores e arbustos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução ou entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento dos Taludes e Muros Laterais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Rachaduras no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões ou escorregamentos nos taludes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na base dos canais escavados	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na área à jusante (erosão regressiva)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções irregulares (aterro/ estrada, casa, cerca)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.2 ESTRUTURA FIXAÇÃO DA COTA DA SOLEIRA:										
Rachaduras ou trincas no Concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem do concreto exposta	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Descalçamento da estrutura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Juntas danificadas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de deslocamentos das estruturas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.3 BACIA AMORTECEDORA										
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões ou escorregamentos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstruções	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
C.4 MUROS LATERAIS										
Rachaduras	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão nos contatos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosão na fundação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
D. RESERVATÓRIO										
Réguas danificadas ou faltando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções em áreas de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Poluição por esgoto, lixo, entulho, pesticidas etc.	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Erosões	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmoronamento das margens	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Existência de vegetação aquática excessiva	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desmatamentos na área de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de animais e peixes mortos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pesca predatória	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Gado pastando	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
E. TORRE DA TOMADA D'ÁGUA.										
E.1 ENTRADA										
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Tubulação danificada	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Registros defeituosos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
E.2 ACIONAMENTO										
Hastes (retida no mancal, corrosão e empenamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Base dos mancais (corrosão, falta de chumbadores)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Corrosão nos Mancais	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pedestal: chumba dores, lubrificação e pintura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Indicador de abertura	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Volante	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
E.3 COMPORTAS										
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Estrutura (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito das Vedações (vazamento)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito das Rodas (comporta vagão, se aplicável)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos nos rolamentos ou buchas e retentores	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
E.4 ESTRUTURA										
Ferragem exposta na Estrutura da Torre	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração do Guarda corpo na Escada de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem exposta na Plataforma (passadiço)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de Guarda corpo no Passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração do Guarda corpo no Passadiço	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração do Portão do Abrigo de manobra	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração da Tubulação de Aeração e By-Pass	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração da Instalação de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
F. CAIXA DE MONTANTE (SUBMERSÍVEL)										
F.1 BOCA DE ENTRADA E STOP-LOG										
Assoreamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Obstrução e entulhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ferragem exposta na estrutura de concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deterioração no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de grade de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na grade	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Peças fixas (corrosão, amassamento da guia, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Estrutura do stop-log (corrosão, amassamento, pintura)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no acionamento do stop-log	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito no Ponto de içamento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Anexo B

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
G. GALERIA										
Corrosão e vazamentos na tubulação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos nas juntas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Deformação do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Desalinhamento do conduto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgência de água junto à galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da Galeria	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Trincas no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

Anexo B

LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
H. ESTRUTURA DE SAÍDA										
Corrosão e vazamentos na tubulação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de abrasão ou cavitação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Sinais de fadiga ou perda de resistência	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Ruídos estranhos	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeito nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência nas instruções de operação	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Surgências de água no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Precariedade de acesso (árvores e arbustos)	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Vazamento nos Dispositivos de Controle	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de manutenção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Construções irregulares	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta ou deficiência de drenagem da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Presença de pedras, lixo dentro da caixa de válvulas	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos na cerca de proteção	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

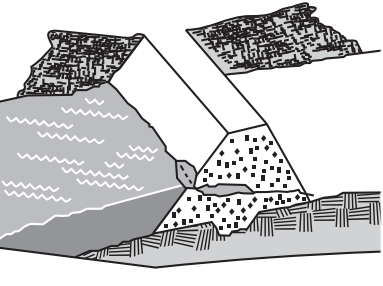
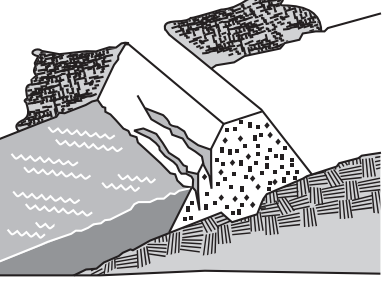
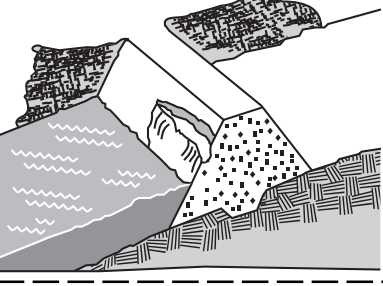
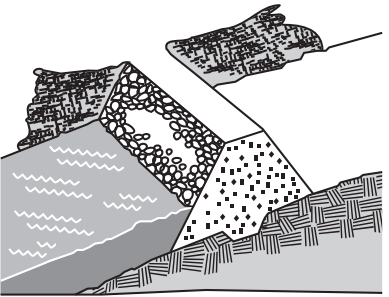
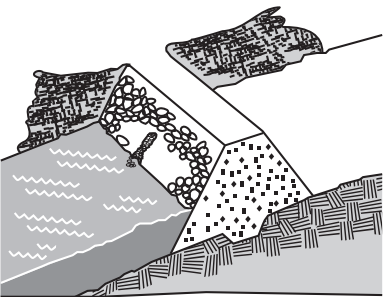
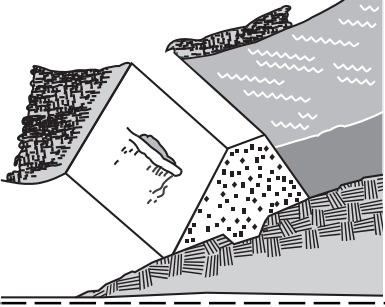
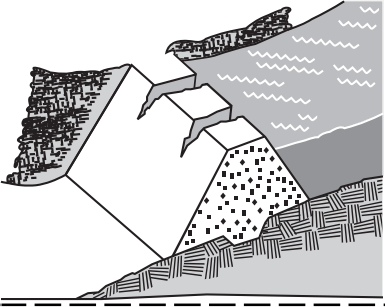
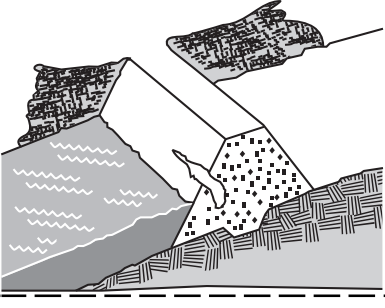
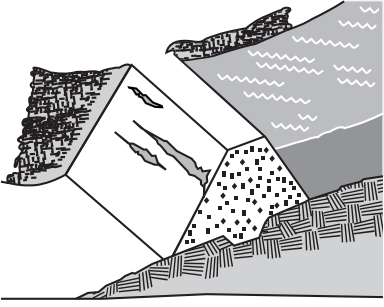
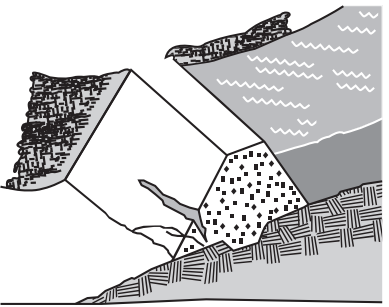
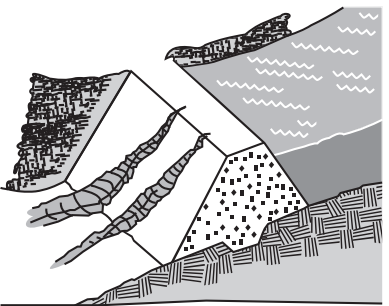
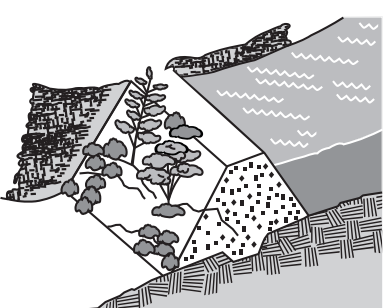
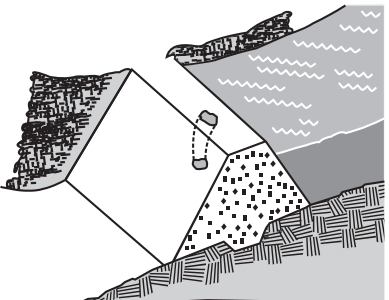
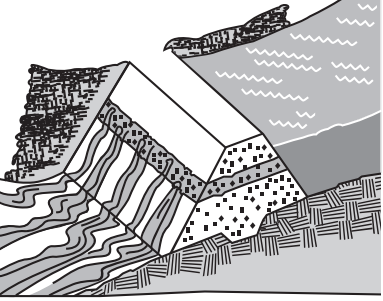
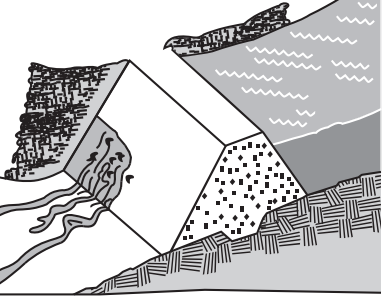
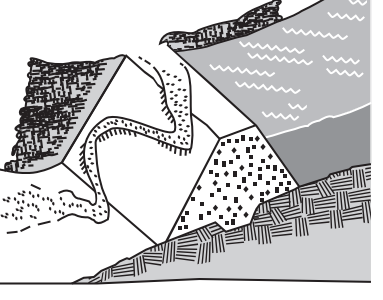
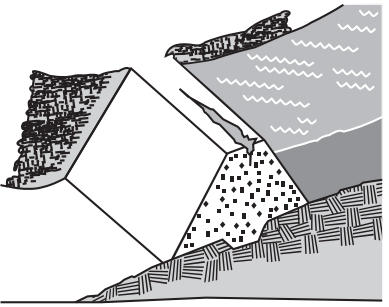
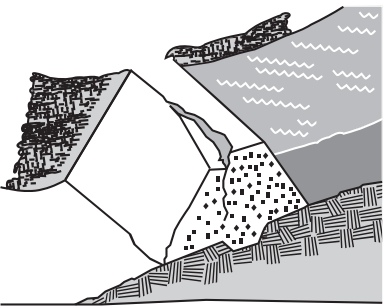
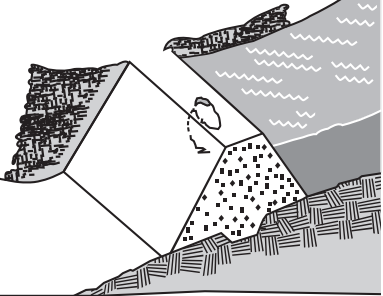
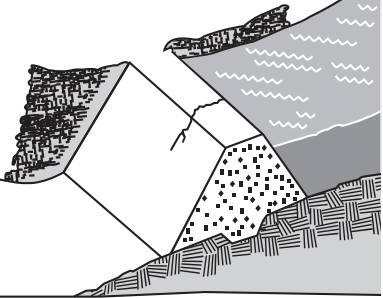
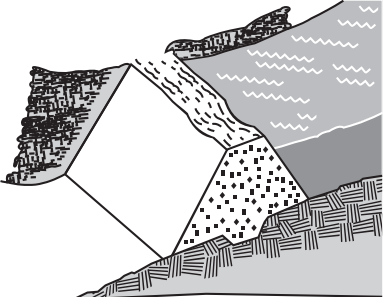
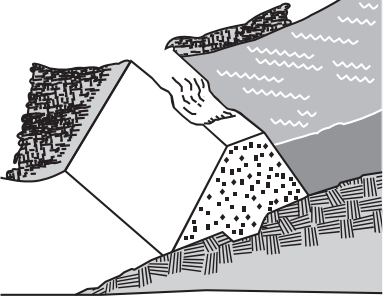
LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
I. MEDIDOR DE VAZÃO										
Ausência da placa medidora de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Corrosão da placa	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Defeitos no concreto	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Falta de escala de leitura de vazão	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Assoreamento da câmara de medição	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

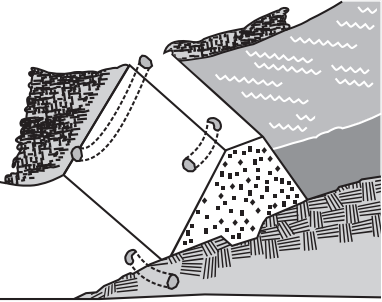
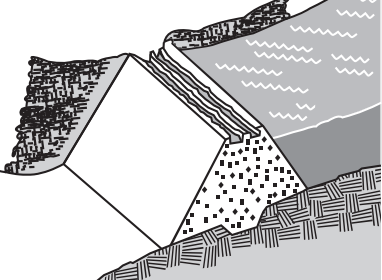
LOCALIZAÇÃO / ANOMALIA	SITUAÇÃO								NP	CAUSA
J. ESTRADAS DE ACESSO										
Estado do Pavimento	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Pontes	NA	NE	PV	DS	DI	PC	AU	NI		
Comentários:										

K. OUTROS BROBLEMAS EXISTENTES
Comentários:

L. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES
Comentários:

OBSERVAÇÕES:

A ser efetuada por pessoal devidamente treinado. Sugestão de periodicidade: semestral ou quando observados comportamentos anormais como surgências, erosões, elevação rápida do nível da água no reservatório etc.

ANEXO C

ANOMALIAS

TALUDE DE MONTANTE

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
SUMIDOUROS	*Piping* ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.	*Piping* ou erosão interna no material do maciço da barragem ou fundação dá origem a um sumidouro. O desabamento de uma caverna erodida pode resultar num sumidouro.	Inspecionar outras partes da barragem procurando infiltrações ou mais sumidouros. Identificar a causa exata do sumidouro. Checar a água que sai do reservatório para constatar se ela está suja. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
RACHADURAS GRANDES	Uma porção do maciço se moveu devido a perda de resistência, ou a fundação pode ter se movido causando um movimento no maciço.	Perigo. Indica o início de um deslizamento ou recalque do maciço causado pela ruptura da fundação.	Dependendo do maciço envolvido, baixar o nível do reservatório. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
DESLIZAMENTOS, AFUNDAMENTOS OU ESCORREGAMENTOS	Terra ou pedras deslizaram pelo talude devido a sua inclinação exagerada ou ao movimento da fundação. Também podem ocorrer deslizamentos devido a movimentos de terra na bacia do reservatório.	Perigo. Uma série de deslizamentos podem provocar a obstrução da tomada d'água ou ruptura da barragem.	Avaliar a extensão do deslizamento. Monitorar o nível do reservatório se a segurança da barragem estiver ameaçada. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
TALUDES ÍNGREMES E BANCADAS DE ESCAVAÇÃO	Ação das ondas e recalques locais causam ao solo e às rochas erosão e deslizamentos para a parte inferior do talude, formando assim uma bancada de escavação.	A erosão diminui a largura e possivelmente a altura do maciço, o que poderá conduzir ao aumento da percolação ou ao transbordamento da barragem.	Determinar as causas exatas da formação das bancadas de escavação. Executar os trabalhos necessários para restaurar o maciço, devolvendo as suas inclinações originais e providenciar a proteção adequada para o mesmo.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
RIP-RAP INCOMPLETO, DESTRUÍDO OU DESLOCADO	*Rip-rap* de baixa qualidade se deteriorou. Ação das ondas deslocou o *rip*-rap. Pedras redondas ou de mesmo tamanho rolaram talude abaixo.	Ação das ondas nestas áreas desprotegidas diminui a largura do maciço da barragem.	Reestabelecer o talude normal. Colocar *rip-rap* competente.
EROSÃO POR TRÁS DO *RIP-RAP* MAL GRADUADO	Pedras de tamanhos similares permitem que as ondas passem entre elas e erodam pequenas partículas de pedregulhos e solo.	Solo é erodido por trás do *rip-rap*. Isto permite que o *rip-rap* assente, fornecendo uma menor proteção e diminuindo a largura da barragem.	Reestabelecer uma proteção eficiente do talude. ENGENHEIRO NECESSÁRIO para designar o tamanho e a graduação das pedras do *rip-rap*. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas.

TALUDE DE JUSANTE

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DESLIZAMENTO/CHARCO	1. Falta ou perda de resistência do material do maciço da barragem. 2. Perda de resistência pode ser atribuída à infiltração de água no maciço ou falta de suporte da fundação.	Perigo. Deslizamento do maciço através da crista ou talude de montante, reduzindo freeboard. Pode resultar no colapso estrutural ou transbordamento.	1. Medir a extensão e o deslocamento do escorregamento. 2. Se o movimento continuar, começar a baixar o nível d'água até parar o movimento. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
RACHADURAS TRANSVERSAIS	Assentamentos diferenciados do maciço da barragem também provocam rachaduras transversais (o centro assenta mais que as ombreiras).	Perigo. 1. Rachaduras devido a recalques ou contrações podem provocar infiltrações da água do reservatório através da barragem. 2. Rachaduras de contrações permitem que a água penetre no maciço e provoque rupturas.	1. Se necessário, tampe a rachadura do talude de montante para prevenir a passagem da água do reservatório. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
DESABAMENTO	1. Falta de uma compactação adequada. 2. *Piping* através do maciço ou fundação. 3. Buracos internos.	Perigo. Indicação de possível erosão do maciço.	1. Inspecionar para reparos em buracos internos. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
RACHADURAS LONGITUDINAIS	1. Ressecamento ou contração do material de superfície. 2. Movimentos de assentamento do maciço a jusante.	1. Pode ser um aviso de um futuro deslizamento. 2. Rachaduras de contração permitem que a água penetre no maciço e provoque rupturas. 3. Recalques ou deslizamentos mostrando a perda de estabilidade da barragem podem provocar a sua ruína.	1. Se as rachaduras são de ressecamento, cubra a área com material bem compactado para manter a superfície seca e a umidade natural. 2. Se as rachaduras são extensivas, um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
AFUNDAMENTOS (condição localizada)	Precedidos de erosão regressiva numa porção do talude. Também podem ser encontrados em taludes muito íngremes.	Pode expor zonas impermeáveis à erosão e provocar futuros afundamentos.	1. Inspecionar a área em busca de infiltração. 2. Monitorar rupturas progressivas. 3. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
EROSÃO	Água das chuvas carregam material da superfície do talude, resultando numa calha/vala contínua.	Pode ser perigosa se continuar. A erosão pode provocar eventual deterioração do talude de jusante e, posteriormente, a ruptura da estrutura.	1. O método preferido de proteção de áreas erodidas é a colocação de pedras de *rip-rap*. 2. Refazer a grama de proteção caso o problema seja detectado no início.
ÁRVORES/ARBUSTOS	Vegetação natural da área.	1. Raízes de árvores grandes podem criar caminhos para passagem de água. 2. Arbustos podem dificultar inspeções visuais e abrigar roedores.	1. Remover as raízes das árvores grandes. 2. Controlar a vegetação no maciço que dificulte as inspeções visuais.
BURACOS DE ANIMAL	Grande quantidade de roedores. Buracos, túneis e cavernas são causadas por animais roedores. Certos hábitats, com alguns tipos de plantas e árvores, próximos ao reservatório encorajam estes animais.	Pode reduzir o caminho de percolação da água e provocar o *piping*. Se existir túneis na maior parte da barragem, pode ocorrer a ruptura desta.	1. Controlar roedores para prevenir maiores danos. 2. Tampar buracos existentes. 3. Remover roedores. Determinar o exato local da escavação e extensão do túnel. Remover o hábitat e reparar danos.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
ÁREA MOLHADA EM FAIXA HORIZONTAL	Problema no material usado na construção.	Perigo. 1. As áreas molhadas abaixo, da área onde está ocorrendo a infiltração pode provocar uma instabilidade no maciço. 2. Fluxos excessivos podem provocar uma erosão acelerada do material do maciço e a barragem pode ruir.	1. Determinar o mais próximo possível o fluxo que está sendo produzido. 2. Se o fluxo aumentar, o nível do reservatório deve ser reduzido até o fluxo se estabelecer ou parar. 3. Demarcar a área envolvida. 4. Tentar identificar o material que está permitindo o fluxo. 5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
VAZAMENTOS VINDO DAS OMBREIRAS	Água movendo-se através de rachaduras ou fissuras nos materiais da ombreira.	Pode provocar uma erosão rápida na ombreira e o esvaziamento do reservatório. Pode provocar deslizamentos próximos ou a jusante da barragem.	1. Inspecionar cuidadosamente a área para determinar a quantidade do fluxo e do material transportado. 2. Um engenheiro qualificado ou um geólogo deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
TRÁFEGO DE GADO/ANIMAIS DOMÉSTICOS	Tráfego excessivo de animais especialmente danoso quando o talude está molhado.	1. Cria áreas com baixa proteção contra a erosão. 2. Permite que a água acumule-se em determinados locais. 3. Área suscetível a rachaduras por ressecamento.	1. Cercar a área de fora da barragem. 2. Reparar a proteção contra erosão com *rip-rap* ou grama.

CRISTA

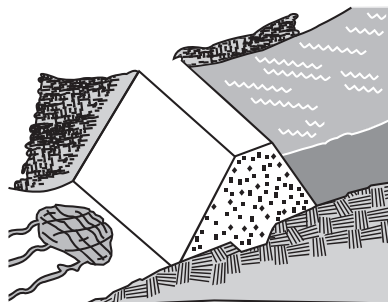
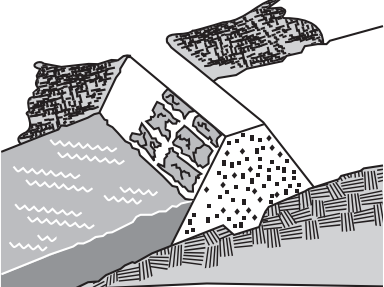
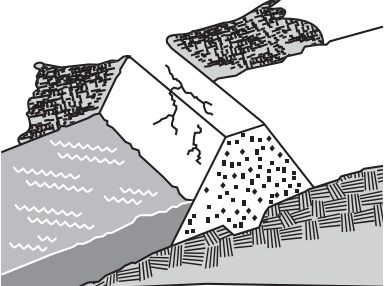
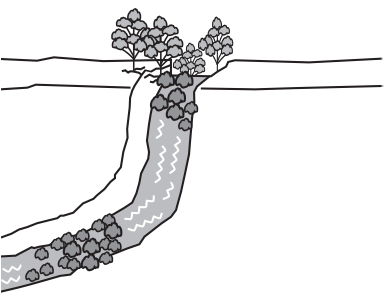
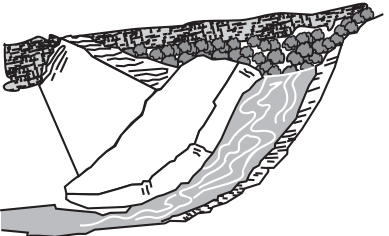
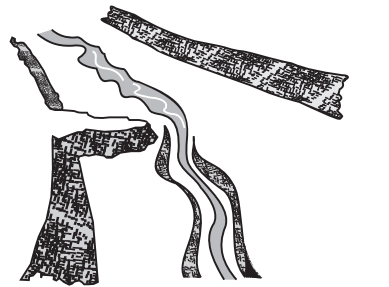
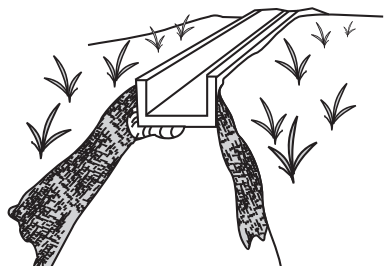
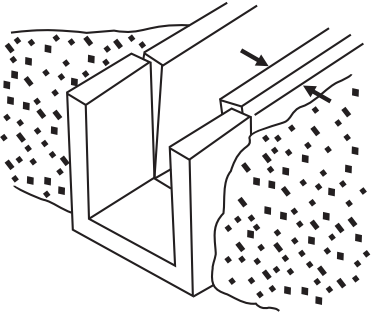
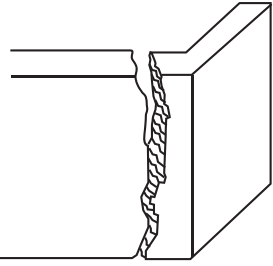
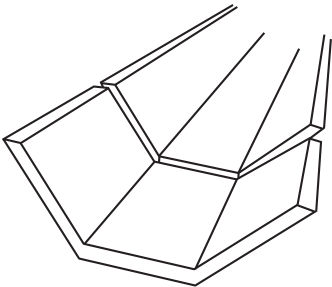
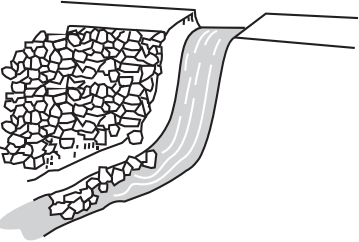
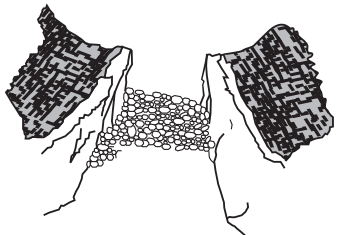
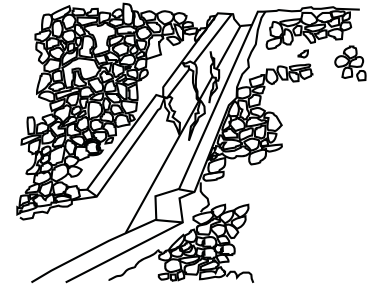
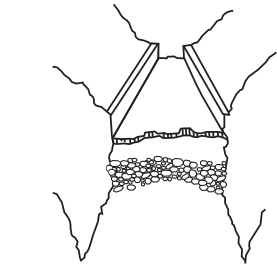
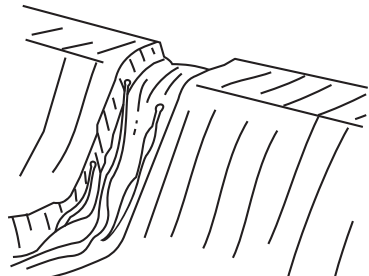
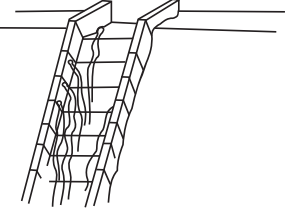
ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
RACHADURA LONGITUDINAL	1. Assentamentos diferentes entre seções adjacentes ou zonas do maciço da barragem. 2. Falha na fundação causando perda de estabilidade. 3. Estágios iniciais de deslizamentos do maciço.	Perigo. 1. Cria local de pouca resistência no interior do maciço. Pode ser o ponto de início de um futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura. 2. Permite um ponto de entrada do escoamento superficial para dentro do maciço, permitindo a saturação da área adjacente do maciço da barragem, e possível lubrificação que poderá provocar uma ruptura localizada.	1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar freqüentemente. 2. Engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. As rachaduras da superfície da crista devam ser seladas para prevenir infiltração da água superficial. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista para indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
DESLOCAMENTO VERTICAL	1. Movimento vertical entre seções adjacentes do maciço da barragem. 2. Deformação ou falha estrutural causado por instabilidade estrutural ou falha na fundação.	Perigo. 1. Cria uma área local de pouca resistência no interior do maciço que pode causar futuros movimentos. 2. Provoca instabilidade estrutural ou ruptura. 3. Permite um ponto de entrada para a água superficial que futuramente poderá causar ruptura. 4. Reduz a seção transversal disponível.	1. Cuidadosamente inspecionar o deslocamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. O engenheiro deve determinar a causa do deslocamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 2. Escavar a área até o fundo do deslocamento. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. 3. Continuar a monitorar áreas rotineiramente para indícios de futuras rachaduras ou movimento. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

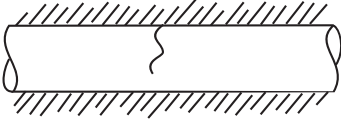
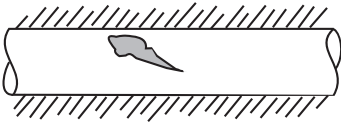
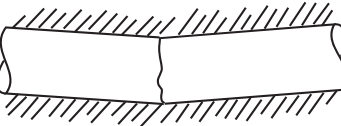
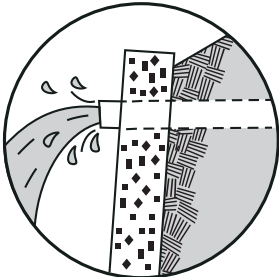
ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DESABAMENTOS NA CRISTA	1. Atividade de roedores. 2. Furos no conduto da tomada d'água está causando erosão do material do maciço da barragem. 3. Erosão interna ou *piping* do material do maciço devido a infiltração.	Perigo. 1. Vazios dentro da barragem podem causar desabamentos, deslizamentos, instabilidade, ou reduzir a seção transversal do maciço da barragem. 2. Ponto de entrada para água superficial.	1. Cuidadosamente inspecionar o desabamento e anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. 2. Engenheiro deve determinar a causa do desabamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar os lados da área que desabou e preencher o buraco com material competente usando técnicas de construção adequadas. Isto deve ser supervisionado por engenheiro. NECESSÁRIO ENGENHEIRO. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista a procura de indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
RACHADURAS TRANSVERSAIS	1. Movimentos desiguais das partes adjacentes da estrutura. 2. Deformação causada por tensão estrutural ou instabilidade.	Perigo. 1. Pode criar um caminho para infiltração através da seção transversal do maciço. 2. Cria área local de baixa resistência no interior do maciço. Futuro movimento estrutural, deformação ou ruptura poderá se iniciar. 3. Permite um ponto de entrada para água de escoamento superficial.	1. Inspecionar a rachadura e cuidadosamente anotar a localização, comprimento, profundidade, alinhamento e outros aspectos físicos pertinentes. Imediatamente demarcar os limites da rachadura. Monitorar freqüentemente. 2. Um engenheiro deve determinar a causa da rachadura e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Escavar a crista ao longo da rachadura para um ponto abaixo do fundo da rachadura. Preencher a escavação usando material competente e técnicas de construção corretas, sob a supervisão de um engenheiro. Isto irá selar a rachadura contra infiltração e escoamento superficial. NECESSÁRIO ENGENHEIRO. 4. Continuar monitorando rotineiramente a crista a procura de indícios de rachaduras. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

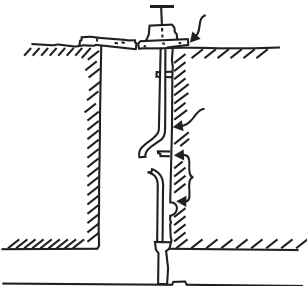
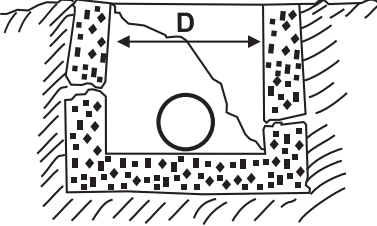
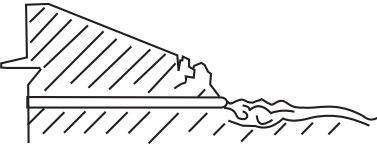
ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
CRISTA DESALINHADA	1. Movimentos entre partes adjacentes da estrutura. 2. Deformação estrutural ou ruptura próxima à área do desalinhamento.	1. Área de desalinhamento é normalmente acompanhada de depressões na crista que reduzem a cota de segurança. 2. Pode produzir áreas locais de baixa resistência do maciço que pode provocar ruptura.	1. Estabelecer marcos transversalmente à crista para determinar a exata porção, localização e extensão do assentamento na crista. 2. Um engenheiro deve determinar a causa do desalinhamento e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Monitorar os marcos da crista utilizando tabelas, seguindo com ações remediadoras para detectar possíveis movimentos futuros. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
DEPRESSÕES NA CRISTA DA BARRAGEM	1. Assentamento excessivo no maciço ou fundação diretamente abaixo da depressão na crista. 2. Erosão interna do material do maciço da barragem. 3. Erosão pelo vento prolongada na área da crista. 4. Terraplanagem final inadequada após a construção.	Reduz a cota de segurança disponível para a passagem de água através do sangradouro com segurança.	1. Estabelecer marcos transversalmente à crista para determinar a exata porção, localização e extensão do assentamento na crista. 2. Engenheiro deve determinar a causa da depressão na crista e supervisionar as etapas necessárias para reduzir o perigo para a barragem e corrigir o problema. 3. Reestabelecer a elevação da crista de maneira uniforme preenchendo as áreas com depressões utilizando técnicas construtivas adequadas. Deve ser supervisionado por engenheiro. 4. Reestabelecer marcos transversalmente à crista da barragem e monitorar os marcos rotineiramente para detectar possível recalque futuramente.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
VEGETAÇÃO EXCESSIVA	Negligência com a barragem e falta de procedimentos de manutenção adequada.		
BURACOS DE ANIMAL	Animais roedores.		
VOÇOROCA NA CRISTA	1. Material mal graduado e drenagem inadequada da crista. 2. Capacidade inadequada do sangradouro que pode provocar o transbordamento da barragem.		
TRILHAS AO LONGO DA CRISTA	Tráfego de veículos pesados sem a manutenção adequada da superfície da crista.		

ÁREAS A JUSANTE DA BARRAGEM

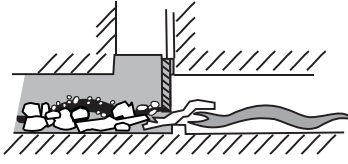
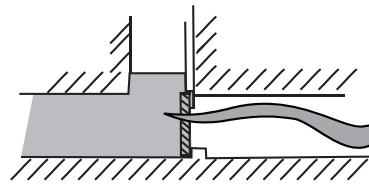
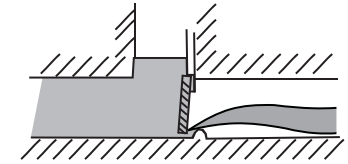
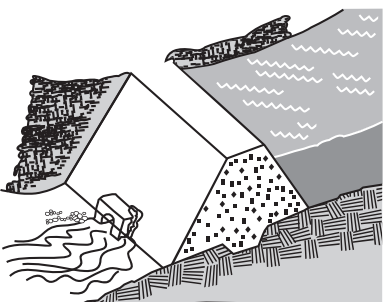
ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
ÁREAS ENCHARCADAS A JUSANTE DA BARRAGEM	Água movendo-se rapidamente através do maciço ou fundação está sendo controlada ou contida por um sistema gramado de raízes bem estabelecido.	Condição mostra uma infiltração excessiva na área. Se o sistema de raízes for destruído, ocorrerá uma erosão rápida no material da fundação, o que resultará na ruptura da barragem.	1. Inspecionar cuidadosamente a área e averiguar a quantidade de fluxo e o transporte de materiais. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

TALUDE DE JUSANTE DE CONCRETO

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
FACE DE CONCRETO RACHADA OU DETERIORADA	1. Concreto deteriorado devido ao intemperismo. 2. Enchimento das juntas deterioradas ou deslocadas.	1. Solo está erodido por trás da face e o que pode ter ocasionado a formação de buracos ou cavernas. 2. Rachaduras no concreto das seções sem sustentação.	1. Determinar a causa. Contatar um engenheiro para métodos de reparos permanentes. 2. Se o dano for extenso, um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
RACHADURAS DEVIDO AO RESSECAMENTO	O solo perde a umidade e sofre contração, causando as rachaduras. Geralmente vistos na crista e talude de jusante.	Chuvas fortes podem encher as rachaduras e causar o movimento de pequenas partes do maciço.	1. Monitorar rachaduras atentando para o aumento no comprimento, largura e profundidade. 2. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

Anexo C

SANGRADOURO

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
VEGETAÇÃO EXCESSIVA OU DETRITOS NO CANAL	Acúmulo de sedimentos, árvores mortas, crescimento vegetativo excessivo etc., no canal do sangradouro.	Redução da capacidade de descarga; inundação do sangradouro; transbordamento da barragem. O transbordamento prolongado pode causar a ruptura da barragem.	Retirar os detritos periodicamente; controlar o crescimento vegetativo no canal do sangradouro. Instalar uma rede de proteção na entrada do sangradouro para interceptar detritos.
CANAIS ERODIDOS	Escoamento superficial de chuvas intensas carrega material de superfície talude abaixo, o que resulta em depressões/canais contínuos. O tráfego de animais cria erosões profundas onde a concentração de fluxo varia.	Erosões não-combatidas podem provocar deslizamentos ou desabamentos que resultam na redução da capacidade do sangradouro. A capacidade inadequada do sangradouro pode provocar o transbordamento da barragem e resultar na ruptura desta.	Fotografar o problema. Reparar a área com danos substituindo o material erodido por aterro compactado. Proteger a área contra futuras erosões colocando um bom *rip-rap*. Revegetar a área se apropriado. Chamar a atenção do engenheiro para o problema na próxima inspeção.
EROSÃO EXCESSIVA OU DESLIZAMENTO DE TERRA CAUSANDO UMA CONCENTRAÇÃO DO FLUXO	Descarga de velocidade muito elevada; material do fundo e das laterais solto ou deteriorado; canal ou taludes muito íngremes; solo exposto desprotegido; a proteção da superfície mal construída.	Distúrbio na disposição do fluxo; perda de material; aumento do acúmulo de sedimentos a jusante; ruptura do sangradouro; pode provocar o esvaziamento rápido do reservatório através do sangradouro severamente erodido.	Minimizar a velocidade do fluxo com um projeto adequado. Usar material firme. Manter o canal e os taludes laterais suaves. Encorajar o crescimento de grama no solo da superfície. Construir superfícies suaves e bem compactadas. Proteger a superfície com *rip-rap*, asfalto ou concreto. Reparar a parte erodida usando práticas de construção adequadas.
PROBLEMAS EMBAIXO DO FINAL DA CALHA SANGRADOURO	Configuração inadequada da bacia de dissipação. Materiais altamente erosivos. Falta de uma cortina de vedação no final da calha.	Perigo. Dano estrutural no sangradouro; alto custo de reparo no caso de desmoronamento da laje ou parede.	Enxugar a área afetada; retirar o material erodido e preencher corretamente com bom material; fornecer *rip-rap* de tamanho adequado para a área da bacia de dissipação. Instalar uma cortina de vedação.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
PAREDE DESLOCADA	Erros de acabamento ou de mão-de-obra; assentamento desigual da fundação; pressão excessiva do aterro ou da água; reforço insuficiente das barras de ferro do concreto.	1. Pequenos deslocamentos irão criar turbulência e redemoinho no fluxo, causando erosão no solo atrás da parede. 2. Grandes deslocamentos causarão rachaduras severas e evetual ruptura da estrutura.	Reconstrução deve ser feita de acordo com as práticas da engenharia. A fundação deve ser cuidadosamente preparada. Calhas drenantes devam ser usadas para aliviar a pressão atrás da parede. Usar reforço suficiente no concreto. Ancorar as paredes para prevenir futuros deslocamentos. Limpar os drenos para assegurar sua operação adequada. Consultar um engenheiro antes das ações serem tomadas. ENGENHEIRO NECESSÁRIO.
RACHADURAS GRANDES	Construção incorreta; esforço concentrado; deterioração do material; falhas na fundação; pressão externa excessiva.	Distúrbios no escoamento; erosão na fundação e no aterro de recobrimento; eventual desmoronamento da estrutura.	1. Grandes rachaduras sem grandes deslocamentos devam ser reparadas com remendos. 2. Áreas ao redor devam ser limpas e cortadas antes que o material de remendo seja aplicado. Instalação de calhas drenantes ou outras ações podem ser necessárias.
JUNTAS ABERTAS OU DESLOCADAS	Recalque excessivo ou desigual da fundação; fuga de material da junta; junta construída muito larga e não-selada. Selante deteriorado ou removido.	Erosão do material da fundação pode enfraquecer o suporte da estrutura e causar futuras rachaduras; pressão induzida pelo fluxo das águas através das juntas deslocadas pode carregar a laje ou parede e causar um solapamento extensivo.	As juntas não devam ser muito largas. Todas as juntas devam ser seladas com asfalto ou outro material flexível. Limpar as juntas, substituir os materiais erodidos e selar as juntas. A fundação deve ser propriamente drenada e preparada. Evitar o talude da calha muito inclinado. NECESSÁRIO ENGENHEIRO
PERDA OU QUEBRA DO *RIP-RAP*	Talude muito íngreme; material mal graduado; ruptura do subleito; velocidade de escoamento muito alta; colocação inadequada do material; material do leito ou fundação levado embora pela água.	Erosão no fundo do canal e no aterro; ruptura do sangradouro.	Projetar um talude estável para o fundo do canal e para o aterro. O material *rip-rap* deve ser bem graduado (o material deve conter partículas pequenas, médias e grandes). O subleito deve ser bem preparado antes da colocação do *rip-rap*. Instalar um filtro drenante, se necessário. Controlar a velocidade do fluxo do sangradouro. *Rip-rap* deve ser colocado de acordo com a especificação. É recomendado o serviço de um engenheiro. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DETERIORAÇÃO DE MATERIAL - DESINTEGRAÇÃO DE *RIP-RAP*, CONCRETO ETC	Uso de materiais impróprios ou com defeito; manutenção inadequada.	A vida útil da estrutura será diminuída; ruptura prematura.	Evitar o uso de arenito para *rip-rap*. Usar apenas agregados limpos e de boa qualidade no concreto. Respeitar o recobrimento de concreto nas barras de ferro. O concreto deve ser mantido molhado e protegido durante a cura. A madeira deve ser tratada antes de ser usada.
CANALETAS TRINCADAS	Falta de valas drenantes; falta de instalações de drenagem; drenos entupidos.	Fundação molhada tem menor capacidade de suporte; subpressão resultante de infiltrações pode causar danos na calha do sangradouro; acúmulo de água também pode aumentar a pressão total nas paredes do sangradouro e causar danos.	Fazer valas de drenagem nas paredes do sangradouro. A saída interna do buraco deve ser cercada e preenchida de material filtrante graduado. Instalar sistema de drenagem debaixo do sangradouro próximo da saída a jusante. Esvaziar as valas drenantes existentes. Reabilitar o sistema de drenagem sobre a supervisão de um engenheiro. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
EROSÃO, ABRASÃO E FRATURAS NO CONCRETO	Velocidade do fluxo muito alta; rolamento de pedregulhos e pedras sangradouro abaixo; cavidade atrás ou abaixo da laje de concreto.	Os problemas podem progredir e tornarem-se piores; pequenos buracos podem causar solapamento da fundação, o que provocará a ruptura da estrutura.	Remover as pedras e pedregulhos da calha do sangradouro antes da estação chuvosa. Usar concreto de boa qualidade. Assegurar que a superfície de concreto está plana. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.
VAZAMENTO DENTRO E AO REDOR DO SANGRADOURO	1. Rachaduras e juntas no sangradouro estão permitindo infiltração. 2. A camada de areia ou pedra está permitindo infiltração.	1. Pode induzir uma perda excessiva de água armazenada. 2. Pode induzir uma ruptura se a velocidade for alta o bastante para causar erosão de materiais naturais.	1. Examinar a areia de saída para ver se o tipo de material pode explicar o vazamento. 2. Medir a quantidade do fluxo e checar se existe erosão dos materiais naturais. 3. Se a velocidade do fluxo ou quantidade de materiais erodidos aumentar rapidamente, o nível do reservatório deve ser abaixado até o fluxo se estabilizar. 4. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
INFILTRAÇÃO EM UMA JUNTA CONSTRUÍDA OU RACHADURAS NUMA ESTRUTURA DE CONCRETO	Água entrando por trás da estrutura devido à drenagem insuficiente ou valas de drenagem entupidas.	1. Pode causar a queda das paredes. Fluxo através do concreto pode conduzir a uma rápida deterioração por intemperismo. 2. Se o sangradouro está localizado dentro do maciço, uma erosão rápida pode induzir uma ruptura da barragem.	1. Checar a área atrás da parede a procura de áreas molhadas. 2. Checar e limpar o quanto necessário. 3. Se a condição persistir, um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

Anexo C

ENTRADAS D'ÁGUA, SAÍDAS D'ÁGUA E DRENOS

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DANO NA TUBULAÇÃO DA SAÍDA D'ÁGUA RACHADURA	Recalque; impacto.	Infiltração excessiva, possível erosão interna.	Checar a evidência de água saindo ou entrando na tubulação existente pela rachadura, buracos etc.
BURACO	Ferrugem; erosão; cavitação.	Perigo. Infiltração excessiva, possível erosão interna.	Bater de leve na tubulação, na vizinhança da área com danos, tentando ouvir um barulho oco que mostra que se formou um vazio ao longo da parte externa do conduto.
JUNTAS DESIGUAIS	Recalques ou má construção.	Perigo. Permite a passagem da água para dentro ou fora da tubulação, resultando na erosão do material interno da barragem.	Se há suspeita de ruptura progressiva, solicitar a ajuda de um engenheiro.
AUMENTO NO FLUXO OU SEDIMENTO NA SAÍDA DO DRENO	Uma pequena infiltração no caminho ou um aumento do nível de água armazenado.	Perigo. 1. Um aumento da velocidade do fluxo pode causar erosão no dreno e depois no material do maciço. 2. Pode provocar ruptura devido ao *piping*.	1. Medir a quantidade do fluxo na saída e determinar o crescimento comparando com o fluxo anterior. 2. Coletar amostras para comparar a turbidez. 3. Se a quantidade ou turbidez aumentou acima de 25%, um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DISPOSITIVOS DE CONTOLE DANIFICADOS	1. BLOCO DE SUPORTE QUEBRADO. Deterioração do concreto. Força excessiva, na tentativa de abrir a comporta. 2. HASTE DE CONTROLE QUEBRADA OU DOBRADA. Ferrugem. Força excessiva na abertura ou fechamento da comporta. Guias das hastes inadequadas. 3. GUIAS DAS HASTES FALTANDO OU QUEBRADAS. Ferrugem. Lubrificação inadequada. Excesso de força na abertura ou fechamento da válvula.	1. Bloco de suporte pode pender e a haste de controle emperrar. A comporta pode não abrir completamente. O bloco de suporte pode falhar completamente, deixando a saída d'água inoperante. 2. A saída d'água está inoperante. 3. Perda de suporte da haste de controle. A haste pode quebrar ou entortar mesmo no seu uso normal.	Qualquer uma destas condições pode significar que o controle está inoperante ou operando parcialmente. O uso do sistema deve ser minimizado ou descontinuado. Se o sistema de saída d'água possui uma segunda válvula, considerar o seu uso para regular as liberações até que os reparos possam ser feitos. A ajuda de engenheiros é recomendável.
RUPTURA DA ESTRUTURA DE CONCRETO DA SAÍDA D'ÁGUA D	Pressões laterais excessivas ou falta de reforço na estrutura de concreto. Baixa qualidade do concreto.	Perigo. Perda da estrutura de saída d'água expõe o maciço à erosão na liberação da água.	1. Checar para ruptura progressiva monitorando a dimensão típica, como o D mostrado na figura. 2. Reparar remendando as rachaduras e suprindo a drenagem ao redor da estrutura de concreto. Uma substituição total da estrutura de saída d'água pode ser necessária.
SAÍDA DA ÁGUA LIBERADA ERODINDO O PÉ DA BARRAGEM	Tubulação de saída d'água muito pequena. Falta de bacia de dissipação na saída do conduto.	Perigo. Erosão do pé do talude de jusante causando um charco progressivo.	1. Estender a tubulação além do pé. 2. Proteger o maciço com *rip-rap* sobre uma camada bem compactada.

VAZAMENTO NA VÁLVULA

ANOMALIA	CAUSA PROVÁVEL	POSSÍVEL CONSEQÜÊNCIA	AÇÕES CORRETIVAS
DETRITOS PRESOS EMBAIXO DA COMPORTA	Grade de proteção quebrada ou faltando.	A comporta não irá fechar. A válvula ou haste poderá sofrer danos no esforço de fechar a comporta.	Aumentar e abaixar a comporta vagarosamente até os detritos ficarem soltos. Quando o nível do reservatório for rebaixado, reparar ou substituir a grade de proteção.
COMPORTA RACHADA	Ferrugem, efeitos de vibração, ou tensão resultante do esforço empregado para fechar a comporta quando está emperrada.	Comporta principal pode romper completamente, esvaziando o reservatório.	Usar válvula somente na posição completamente fechada ou aberta. Minimizar o uso de válvulas até que a comporta seja reparada ou substituída.
DANOS NO APOIO OU GUIAS DA COMPORTA	Ferrugem, erosão, cavitação, vibração ou desgaste.	Vazamento ou perda de suporte da comporta. A comporta pode ser comprometida e tornar-se inoperante.	Minimizar o uso de válvulas até que a comporta seja reparada ou substituída. Se a causa for cavitação, checar se existe tubo de ventilação, e se ele está desobstruído.
ÁGUA DE INFILTRAÇÃO SAINDO POR UM PONTO ADJACENTE À SAÍDA D'ÁGUA	1. Tubulação da tomada d'água quebrada. 2. Um caminho para percolação se desenvolveu ao longo da tubulação de saída.	Perigo. Um fluxo contínuo pode induzir uma erosão do material do maciço e provocar a ruptura da barragem.	1. Examinar cuidadosamente a área para tentar determinar a causa. 2. Verificar se água percolada carrega partículas de solo. 3. Determinar a quantidade do fluxo. 4. Se o fluxo aumentar, ou se está carregando material do maciço, o nível do reservatório deve ser rebaixado até que a infiltração pare. 5. Um engenheiro qualificado deve inspecionar as condições e recomendar outras ações que devam ser tomadas. NECESSÁRIO ENGENHEIRO.

ANEXO D

MODELO DE PAE
PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL

PLANO DE AÇÃO EMERGENCIAL – PAE

AÇUDE ______________________________
(MUNICÍPIO DE_________________________)

PROPRIETÁRIO_______________________

DATA

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

O Plano de Ações Emergenciais (PAE) contém procedimentos de notificação, no formato de um relatório de inspeção técnica das estruturas de engenharia que compõe uma barragem, no sentido de salvaguardar a vida da população que habita às margens de um rio (ou riacho) que é represado por essa barragem e ainda de alertar quanto aos aspectos de funcionamento, durabilidade e eficiência da estrutura de armazenamento, na eventualidade de uma ruptura da barragem.

Este PAE define responsabilidades e indica os procedimentos previstos para:

a) identificar situações não usuais e/ou indesejáveis, que possam vir a comprometer a segurança da Barragem;
b) iniciar as ações remediadoras a tempo para prevenir ou minimizar os impactos a jusante de uma eventual ruptura da barragem;
c) iniciar as ações emergenciais para notificação das populações a jusante sobre uma iminente ou atual ruptura da barragem.

Neste plano, o termo barragem é utilizado compreendendo não só o maciço, mas também todas as estruturas complementares porventura existentes (e.g. tomada de água, sangradouro, diques etc.).

Nome oficial da barragem: ________________________
Localizada no rio/riacho: __________________________
Caminho do fluxo a jusante: riacho______para riacho_____ para rio________etc.
Categoria de risco a jusante: •ALTO •MÉDIO •BAIXO
Número de construção na região de inundação a jusante:___
____
Descrição das propriedades:______________________
____
____
____

OBS.: A **Ficha Técnica** deste açude encontra-se apresentada nos apêndices.

2. RESPONSABILIDADES

Operação e manutenção diária da barragem:_________
____
Implementação do PAE:__________________________
Determinação e Identificação de situações ou eventos que requeiram ações emergenciais:___________________
____
(Proprietário ou representante).
O representante do proprietário da barragem, é também responsável por:
a) ____
____
b) ____
____
c) ____
____
d) ____
____
e) ____
____

3. MAPA DE INUNDAÇÃO

____________ construções poderão ser afetadas por ondas de cheia, causadas por um súbito rompimento da barragem ________. Estas construções estão marcadas no mapa de inundação apresentado nos apêndices.
As primeiras construções serão atingidas pela água, aproximadamente ____________ minutos após o rompimento da barragem.

O **Mapa de Inundação** encontra-se apresentado nos apêndices.

4. RUPTURA EM PROGRESSÃO

Caso uma ruptura esteja em progressão, a evacuação da área de inundação a jusante deve ser iniciada imediatamente de acordo com os passos a seguir:

- notificar as pessoas imediatamente a jusante a respeito da ruptura;
- coordenar esforços com outras instituições e proprietários de barragens a jusante para reduzir a onda de cheia, se aplicável.

OBS.: A LISTA DE NOTIFICAÇÃO, com os nomes das pessoas e instituições a serem contatadas deste açude, encontra-se apresentada nos apêndices.

5. RUPTURA IMINENTE

Caso a ruptura de uma barragem seja iminente, mas não tenha iniciado ainda, os seguintes passos devem ser seguidos imediatamente:

- avisar pessoas a jusante da barragem para evacuar em vista da ruptura potencial da barragem;
- implementar a **LISTA DE NOTIFICAÇÃO**;
- implementar ações preventivas descritas no item 9 deste plano;
- efetuar todos os esforços possíveis para reduzir a onda de cheia a jusante (e.g. reduzir a entrada de água no reservatório, operar os dispositivos de liberação de água etc.)

6. RUPTURA EM DESENVOLVIMENTO LENTO OU SITUAÇÃO NÃO USUAL

Caso uma ruptura em desenvolvimento lento ou situação não usual esteja ocorrendo, onde a ruptura não seja iminente, mas possa ocorrer se nenhuma ação for efetivada, o pessoal encarregado deverá:

- contatar a (indicar endereço completo do órgão ou responsável pela segurança da barragem), para uma inspeção da barragem;
- verificar, durante estes contatos, se existe alguma ação imediata que possa ser tomada para reduzir o risco de ruptura;
- implementar, caso necessário, ações preventivas descritas no item 9 deste plano;
- caso a situação torne-se mais grave, preparar para implementar a **LISTA DE NOTIFICAÇÃO**.

7. SITUAÇÕES DE EMERGÊNCIA

A seguir são relacionados alguns dos eventos que podem acarretar diretamente a ruptura da barragem. Para cada um desses eventos é apresentada uma seqüência de etapas a serem seguidas na tentativa de estabilizar a situação.

7.1 Abalo Sísmico

Caso um tremor de terra com magnitude igual ou superior a 5 graus na escala Richter (É sentido por todos. Pessoas caminham sem equilíbrio. Janelas e objetos de vidro são quebrados. Objetos, livros etc. caem de estantes. Móveis movem-se ou tombam. Alvenarias e rebocos racham. Árvores balançam visivelmente ou ouve-se ruído.) seja anunciado nas proximidades, ou o indivíduo responsável pela barragem tenha sentido tremores, dever-se-á:

- efetuar imediatamente uma inspeção visual de toda a barragem e estruturas complementares;
- se a barragem estiver rompendo, implementar imediatamente as instruções descritas no item de Ruptura em Progressão;
- se a barragem estiver danificada a ponto de acarretar em aumento de fluxo para jusante, implementar imediatamente os procedimentos descritos para Ruptura Iminente;
- em outro caso, se ocorreu dano, mas este não é julgado sério o bastante para causar o rompimento da barragem, observar rapidamente a natureza, localização e extensão do dano, assim como o potencial de ruptura. Em seguida, entrar em contato com o (indicar o órgão ou responsável pela segurança da barragem) para maiores instruções. Uma descrição das superfícies de deslizamentos, zonas úmidas, aumento ou surgimento de percolações ou subsidências, incluindo sua localização, extensão, taxa de subsidência, efeitos em estruturas próximas, fontes ou vazamentos, nível da água no reservatório, condições climáticas e outros fatores pertinentes será também importante;
- caso não exista perigo iminente de ruptura da barragem, o proprietário deverá inspecionar detalhadamente o seguinte:
  a) coroamento e ambos os taludes da barragem, por trincas, recalques ou infiltrações;
  b) ombreiras, por possíveis deslocamentos;
  c) drenos ou vazamentos, por alguma turbidez ou lama na água ou aumento de vazão;
  d) estrutura do sangradouro para confirmar uma continuidade da operação em segurança;
  e) dispositivos de descarga, casa de controle, túnel e

câmara da comporta por integridade estrutural;

f) áreas no reservatório e a jusante, por deslizamentos de terra;

g) outras estruturas complementares.

Relate todos os aspectos observados para o (indicar o órgão responsável) e todas as outras instituições contatadas anteriormente durante a emergência. Também certifique-se de observar cuidadosamente a barragem nas próximas duas a quatro semanas já que alguns danos podem não aparecer imediatamente após o abalo.

7.2 Enchente

Estudo da propagação da Cheia Afluente de Projeto indicará se o sangradouro irá ou não suportar a cheia sem problemas. No caso de um evento de cheia maior, procedimentos especiais devem ser efetuados para assegurar vidas e propriedades a jusante. Se algo acontecer causando elevação do nível da água no reservatório até 0,6m abaixo da crista da barragem, ou seja, cota ________ (cota coroamento – 0,6m), contate o (indicar o órgão responsável) imediatamente relatando o seguinte:

a) elevação atual do nível do reservatório e borda livre;
b) taxa de elevação do nível do reservatório;
c) condições climáticas – passado, presente e previsão;
d) condições de descarga dos riachos e rios a jusante;
e) a vazão dos drenos.

No momento em que o nível de água do reservatório exceder a cota da soleira do sangradouro, ou cota____________ , pelo menos 1 (uma) inspeção diária da barragem deve ser efetuada.

Se o nível do reservatório atingir 0,3m da crista da barragem, ou cota ___________, implemente imediatamente os seguintes procedimentos:

a) contatar o (indicar o órgão responsável);
b) aumentar, gradualmente, a descarga no sangradouro e/ou tomada d'água se possível;
c) tentar notificar as pessoas residentes a jusante sobre o aumento de vazão, e aumente as vazões em estágios para evitar atingir o pessoal a jusante. _______________ é responsável pela operação da descarga para atenuar a cheia;
d) verificar o pé da barragem e ombreiras a jusante procurando por novas infiltrações ou percolações anormais no dreno do pé, se existir alguma indicação de fluxo com carreamento de argila ou silte ou aumento das vazões, implementar os procedimentos de Ruptura Iminente;
e) verificar o aumento/redução de percolação devido à variação do nível da água;
f) verificar trincas, abatimentos, umedecimentos, deslizamentos ou outros sinais de perigo próximos às ombreiras ou crista.

7.3 Erosão, abatimento, encharcamento ou trincamento da barragem ou ombreiras

Determinar a localização, dimensão da área afetada (altura, largura e profundidade), severidade, estimativa de descarga, turbidez da água de percolação e os níveis de água no reservatório e na região a jusante. Se uma ruptura parecer provável, implementar imediatamente os procedimentos de Ruptura Iminente, caso contrário, contatar o (indicar o órgão responsável) para instruções.

7.4 Novas fontes, infiltração, charcos, aumento de fluxo ou sumidouros (*sinkholes*)

Caso ocorra um rápido aumento em antigas infiltrações, um aumento de fluxo no dreno de pé ou aparecimento de novas fontes, infiltrações ou zonas úmidas, então devem ser determinadas a sua localização, extensão da área afetada, descarga estimada, aspecto da água de descarga e as elevações de água no reservatório e na região a jusante. Um desenho da área pode ser útil para ilustrar.

Se uma ruptura parecer provável, implementar imediatamente os procedimentos de Ruptura Iminente, caso contrário, reportar todas as observações para o (indicar o órgão responsável) e aguardar por melhores instruções.

7.5 Deslizamentos

Todo deslizamento na região de montante que tenha potencial para deslocar rapidamente grandes volumes pode gerar grandes ondas no reservatório ou sangradouro.

Deslizamentos na região de jusante que possam impedir o fluxo de água normal também são relevantes.

Todos os deslizamentos devem ser relatados ao

(indicar o órgão responsável). Entretanto, antes, é importante determinar a localização, extensão, causa provável, grau de efeito na operação, probabilidade de movimentos adicionais da área afetada e outras áreas de deslizamento, desenvolvimentos de novas áreas e outros fatores considerados relevantes.

7.6 Descargas Súbitas de água

No caso de grandes descargas súbitas de água, planejadas ou não, pelo sangradouro ou dispositivos de tomada d'água (e.g. abertura de comportas e válvulas etc.), as populações residentes a jusante devem ser notificadas juntamente com as instituições e organismo envolvidos, sobre o aumento do fluxo.

7.7 Leituras de instrumentação anormais

Após a obtenção de toda leitura de instrumentação da barragem, os valores obtidos devem ser comparados com os das leituras anteriores para o mesmo nível de água no reservatório. Caso a leitura pareça anormal, ______________________________ é responsável por:

- Determinação de:
  a) alterações das leituras normais;
  b) níveis de água no reservatório e na região a jusante;
  c) condições climáticas;
  d) outros fatores pertinentes.

- Contatar o proprietário da barragem, engenheiro projetista e o (indicar o órgão responsável).

7.8 Outros problemas

No caso de ocorrência de outros problemas que possam por a barragem em risco de segurança, contatar o (indicar o órgão responsável) e explicar a situação da melhor maneira possível.

7.9 Término da Situação Emergencial e Ações Complementares

Uma vez que as condições indicam não mais haver emergência na região da barragem e as pessoas e entidades responsáveis terem declarado que a barragem está segura, ____ deve contatar as autoridades locais, as quais irão dar por terminada a situação emergencial.

8. AÇÕES PREVENTIVAS

A seguir são relacionadas algumas situações com as respectivas ações a serem implementadas no caso de sua ocorrência, a fim de prevenir ou retardar a ruptura. **Estas ações somente devem ser implementadas sob a orientação do (indicar o órgão responsável) ou de outros profissionais de engenharia devidamente qualificados**.

8.1 Galgamento por enchimento do reservatório:

a) abrir os dispositivos de descarga até o seu limite máximo de segurança;
b) posicionar sacos de areia ao longo da crista da barragem para aumentar a borda livre e forçar um maior fluxo pelo sangradouro e dispositivos de descarga;
c) providenciar proteção no talude de jusante, instalando lonas plásticas ou outros materiais resistentes a erosão;
d) derivar, se possível, parte da vazão afluente na região do reservatório;
e) aumentar a descarga de sangria, efetuando aberturas em pequenos aterros, diques ou barragens auxiliares, onde os materiais de fundação forem mais resistentes à erosão. **CUIDADO: Executar esta ação somente em último caso. Contatar o** (indicar o órgão responsável) **antes de tentar executar uma abertura controlada em um aterro**.

8.2 Redução da borda livre e/ou redução da largura da crista:

a) posicionar enrocamento e sacos de areia adicionais em áreas danificadas para prevenir mais erosão do aterro;
b) rebaixar o nível da água no reservatório para uma cota abaixo da área afetada;
c) recompor a borda livre com sacos de areia ou aterro e enrocamento;
d) dar continuidade a uma inspeção detalhada da área afetada até a melhoria das condições climáticas.

8.3 Deslizamento no talude de montante ou de jusante do aterro:

a) rebaixar o nível da água no reservatório a uma taxa e até uma cota considerada segura dadas às condições da ruptura. Caso os dispositivos de descargas estejam danificados ou bloqueados, a instalação de moto-bombas, sifões ou a abertura controlada do aterro pode ser necessária;
b) recompor, se necessário, a borda livre pela colocação de sacos de areia ou reaterrando o topo do deslizamento;
c) estabilizar o deslizamento no talude de jusante acrescentando material (e.g. solo, enrocamento, pedregulho etc.) no pé da superfície de ruptura.

8.4 Erosão regressiva (*Piping*) no aterro, fundação ou ombreiras:

a) estancar o fluxo com qualquer material disponível (e.g. bentonita, lona plástica etc.), caso a entrada de fluxo esteja no reservatório;
b) rebaixar o nível do reservatório até a redução do fluxo a uma velocidade não-erosiva;
c) posicionar um filtro com areia e brita sobre a área de saída do fluxo para evitar o carreamento de material pelo fluxo;
d) continuar o rebaixamento do nível do reservatório até que uma cota segura seja atingida;
e) manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos.

8.5 Falha em um dispositivo de descarga, como tomada d'água e sangradouro:

a) implementar medidas temporárias para proteger a estrutura danificada, tal como fechar a tomada d'água ou posicionar proteção temporária para um sangradouro danificado;
b) utilizar mergulhadores profissionais experientes para verificar o problema e, se necessário, efetuar reparos;
c) rebaixar o nível do reservatório até uma cota segura. Caso a tomada d'água esteja inoperante, a instalação de moto-bombas, sifões ou abertura controlada do aterro pode ser necessária.

8.6 Deslocamento em massa da barragem:

a) rebaixar imediatamente o nível do reservatório até que os movimentos excessivos terminem;
b) continuar rebaixando o nível do reservatório até que uma cota segura seja atingida;
c) manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos.

8.7 Percolação excessiva e saturação do aterro em cotas elevadas:

a) rebaixar o nível do reservatório até atingir uma cota segura;
b) efetuar um monitoramento freqüente observando sinais de deslizamentos, trincamentos ou percolação concentrada;
c) manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos.

8.8 Erosão no sangradouro com risco de esvaziamento do reservatório:

a) reduzir o fluxo pelo sangradouro abrindo totalmente os dispositivos de descargas;
b) providenciar uma proteção temporária nos pontos de erosão pela colocação de sacos de areia, enrocamentos ou lonas plásticas presas por sacos de areia;
c) rebaixar o nível do reservatório, quando a vazão diminuir;
d) manter baixo o nível do reservatório a fim de reduzir o fluxo pelo sangradouro.

8.9 Abatimento excessivo do aterro

a) rebaixar o nível do reservatório, liberando maior vazão pelos dispositivos de descarga ou pela instalação de moto-bombas, sifões ou uma abertura controlada do aterro;
b) restaurar a borda livre, caso necessário, preferivelmente pela colocação de sacos de areia;
c) rebaixar o nível do reservatório até uma cota segura;
d) manter baixo o nível do reservatório até que os reparos sejam concluídos.

8.10 Perda de suporte das ombreiras ou trincamento excessivo em barragens de concreto:

a) rebaixar o nível do reservatório pela liberação de maior vazão pelos dispositivos de descarga;
b) implementar a **LISTA DE NOTIFICAÇÃO**;
c) tentar impedir o fluxo de água através da barragem instalando lonas plásticas na face de montante;
d) rebaixar o nível do reservatório até uma cota segura.

9. RECURSOS E SUPRIMENTOS DE EMERGÊNCIA

Em uma situação emergencial, equipamentos e suprimentos (e.g. sacos de areia, enrocamentos, material argiloso, equipamentos de terraplanagem, trabalhadores etc.) podem ser necessários em um curto espaço de tempo.

A relação abaixo indica como obter alguns destes materiais.

ITEM	CONTATO	LOCAL
Equipamento de terraplanagem		
Areia e pedregulho		
Moto-bombas		
Sacos de areia		
Tubos		
Mão-de-obra		
Outros		

10. ATRIBUIÇÃO DE RESPONSABILIDADES

A lista a seguir indica quem é responsável pela tomada de ações específicas para cada situação emergencial na barragem. Desta maneira as tarefas podem ser bem distribuídas de forma que, em uma situação emergencial, ninguém seja sobrecarregado além do necessário.

NOME	TELEFONE	RESPONSABILIDADE

11. APROVAÇÃO DO PAE

As pessoas abaixo assinadas revisaram o Plano de Ações Emergencial e contribuíram com os procedimentos de notificação propostos.

Proprietário da barragem: ______________________

____

Operador da barragem: ______________________

____

Defesa civil: ______________________________

____

(indicar o órgão responsável): ________________

____

Outros: ___________________________________

____

12. APÊNDICES

12.1 APÊNDICE A – FICHA TÉCNICA DO AÇUDE

12.2 APÊNDICE B – LISTA DE NOTIFICAÇÃO

A. Residentes a Jusante Primeiramente Afetados Por Águas de Enchente

Nome	Endereço	Telefone	Nº. de Residentes

B. Defesa Civil ou Polícia

Nome	Posição	Telefone

C. (indicar o órgão responsável)

Nome	Posição	Telefone

12.3 APÊNDICE C – AFIXAÇÃO DE LISTAS DE NOTIFICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO PAE

Posicionar as listas de notificação na barragem e no centro de operação de emergência local. Manter os roteiros próximos aos telefones e rádios existentes nas proximidades da barragem e fazer uma cópia completa do PAE disponível para todos os operadores, pessoal de operação emergencial, defesa civil e autoridades locais.

Certificar-se também da localização dos demais PAEs para a troca quando de sua atualização.

LOCALIZAÇÃO DOS PAEs

NOME	TELEFONE	ENDEREÇO

12.4 APÊNDICE D – ATUALIZAÇÃO DO PAE

A atualização de informações no PAE deve ser feita anualmente e/ou quando ocorram alterações importantes.

Informações a atualizar devem incluir:

- Números de telefone
- Suprimentos e sua localização
- Mudanças de pessoal
- Endereços
- Alterações na barragem

Assim como outros itens que possam ser importantes ao longo do ano.

DATAS DE ATUALIZAÇÃO

12.5 APÊNDICE E – MAPA DE INUNDAÇÃO

Anexo D

FONTES BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

A seguir são apresentadas algumas fontes bibliográficas complementares sobre o tema "Segurança de Barragens" consideradas importantes para um maior entendimento do assunto.

ANDRIOLO, F. R.; MAIONCHI, A. *Acidentes, Incidentes, Falhas: Panorama de Privatizações, Responsabilidades, Riscos e Custos*. Anais do XXII Seminário Nacional de Grandes Barragens – Tema I – CBGB. São Paulo: Abril, 1997

ANDRIOLO, F. R.; SGARBOZA, B.C. *Inspeção e Controle de Qualidade do Concreto.* São Paulo, 1993, 571pp.

ALMEIDA, B. A. Gestão Integrada do Risco nos Vales a Jusante de Barragens – um projecto NATO realizado em Portugal. 1° Congresso sobre Aproveitamento e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português - ABES, Rio de Janeiro, março/ 2000.

ARAÚJO, J.A.A. (coord.). *Barragens no Nordeste do Brasil*; experiência do Dnocs em barragens na região semi-árida. 2ª ed., Fortaleza, Dnocs, 1990, 328p.

BERCHA F. G. *Risk Analysis Basis for Pipeline Life Cycle Safety*. Golder Associates Ltda., Alberta, june/1994.

CARDIA R. J. R. *SOS Em'97*: An emergency action plan revisited. Dam Safety, Berga (ed.). Balkema, 1998.

CARVALHO, L. H. *Instruções gerais a serem observadas na construção das barragens de terra*. 2ª ed. rev. e aum. Fortaleza, Dnocs, 1981. 225p. il.

CBGB. Cadastro Brasileiro de Deterioração de Barragens e Reservatórios.

CBGB. Diretrizes para a Inspeção e Avaliação de Segurança de Barragens em Operação, Rio de Janeiro, 1983, 26 p.

CBGB. Simpósio sobre barragens e meio ambiente.

CBGB. Simpósio sobre instrumentação geotécnica em barragens, revista do CBDB, pub. 01/96.

CBGB. Anais dos Seminários Nacionais de Grandes Barragens.

CBGB. RBE – Volume 2, n° 1, I Simpósio de Segurança de Barragens, Rio de Janeiro, RJ, 1987.

CBGB. RBE – Volume 3, n° 2, Utilização Múltipla das Barragens e Reservatórios no Brasil: Diagnóstico e Recomendações, 1990.

CBGB. RBE – Volume 4, n° 1, Desempenho de Estruturas Hidráulicas – Incidentes em Vertedouros, 1991.

CBGB. RBE – Volume 4, n° 2, II Simpósio sobre Segurança de Barragens, 1992.

CBGB. Simpósio sobre Barragens e o Meio Ambiente.

———. Simpósio sobre Segurança e Confiabilidade de Barragens em Serviço.

CBGB. II Simpósio sobre Instrumentação de Barragens: *Auscultação e Instrumentação de Barragens no Brasil*. Belo Horizonte, MG, agosto/1996.

CDSA. *Diretrizes para a segurança de barragens*. Tradução de Henry Dantas Strong, CESP / Divisão de Segurança e Tecnologia – ERS, São Paulo, SP, 1995.

CMB 2000. *Barragens e Desenvolvimento*: um novo modelo para tomada de decisões (sumário). Tradução de C. A. Malferrari, novembro/ 2000.

COGERH. *Manual de Segurança de Barragens* (minuta), 1997, 60p.

COMITÊ BRASILEIRO DE GRANDES BARRAGENS. *Guia Básico de Segurança de Barragens*, São Paulo, 1999.

CRUZ, P. T. *100 barragens brasileiras*, São Paulo, 1996, Oficina de textos.

CYGANIEWICZ, J. M.; SMART, J. D. U.S. Bureau of Reclamation's use of risk analysis and risk assessment in dam safety decision making. ICOLD, 20th Congress, Beijing, China, september/2000.

ELETROBRÁS. *Avaliação da Segurança de Barragens Existentes*/ United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, Rio de Janeiro, 1987, 170p.

FEMA. *Dam Safety*: An Owner's Guidance Manual. United States Federal Emergency Management Agency, Denver 1987, 117p.

GEHRING, J.G. *Aspectos Atuais na Avaliação da Segurança de Barragens em Operação*. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 1987, 249p.

GOMES, A. S.; PEDRO, J. O.; ALMEIDA, J. M. Plano Específico para Avaliação da Segurança de Barragens Portuguesas. 1° Congresso sobre Aproveitamento e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português – ABES, Rio de Janeiro, março/ 2000.

HENNING, C.; DISE, K.; MULLER, B.; Achieving Public Protection with Dam Safety Risk Assessment Practices. Risk Based Decision Making in Water Resources VIII, Proceedings of the Eighth Conference, ASCE, 1998.

ICOLD. Deterioration of dams and reservois, december/1983.

ICOLD. International Symposium on Analytical Evaluation of Dam Related Safety Problems, Copenhagen, july, 1989.

ICOLD. Bulletin 60 – Dam Monitoring – General Considerations, 1988.

ICOLD. Improvement of Existing Dam Monitoring – Recommendations and Case Histories, 1991.

HRADILEK, P. J. *et al*. *Avaliação de Pequenas Barragens.* Brasília, Ministério da Integração Regional, Secretaria de Irrigação, 1993. 120p. il. (Manual de Irrigação, v.6).

KREUZER, H. *The use of risk analysis to support dam safety decisions and management*. Proc. ICOLD 20th Congress, GR - Q76, Beijing, 2000.

KUPERMAN, S. C. *Concreto massa para barragens*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/ CESP, Curso de Segurança de Barragens, notas de aula, setembro/ 2000.

LAFFITE, R. *Probabilistic risk analysis of large dams*: its value and limits. Water Power and Dam Construction, p. 13-16, march/ 1993.

LINDQUIST, L.N. *Instrumentação de Barragens*. Notas de Aula do Curso de Segurança de Barragens promovido pela COGERH, Fortaleza, 1997.

LNEC. *Some considerations on the durability of dams*, A. F. da Silveira, ICT/INCB 6, Lisboa, 1990, 30p.

LNEC. *Aspectos Hidráulicos da Segurança de Barragens*. Departamento de Hidráulica, Lisboa, 1994, 39p.

LNEC. *Risco e Gestão de Crises em Vales a Jusante de Barragens*. Lisboa, 1997, 151p.

MELLO, V.F.B. *Segurança das barragens de terra, de terra-enrocamento e de enrocamento com membranas estanques*: fundações, também, a fortiori. Revista Brasileira de Engenharia, Caderno de Grandes Barragens, 1992, 4(2): 41-50.

MENESCAL, R.A. & MIRANDA A.N. *Plano de Ações Emergenciais para Barragens*, Anais do XII SNRH, volume IV, Vitória, ES, nov./ 97.

MENESCAL, R.A.; GONDIM FILHO, J.G.C. & OLIVEIRA, Y.C. *A recuperação de açudes no âmbito da gestão dos recursos hídricos do Estado do Ceará*. III SRHNE, Salvador, 1996, pp. 91-97.

MENESCAL, R.A.; VIEIRA, V.P.P.B. & OLIVEIRA, S.K. (2001). *Terminologia para Análise de Risco*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Pós-congresso, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; VIEIRA, V.P.P.B.; FONTENELLE, A.S. & OLIVEIRA, S.K. (2001). *Incertezas, Ameaças e Medidas Preventivas nas Fases de Vida de uma Barragem*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Anais Pós-Congresso, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; CRUZ, P.T.; CARVALHO, R.V.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K. (2001). *Uma Metodologia para Avaliação do Potencial de Risco em Barragens no Semi-Árido*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K & VIEIRA, V.P.P.B. (2001). *Avaliação do Desempenho de Barragens no Estado do Ceará*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; FONTENELLE, A.S.; OLIVEIRA, S.K. & VIEIRA, V.P.P.B. (2001). *Ações de Segurança de Barragens no Estado do Ceará*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; OLIVEIRA, S.K.; FONTENELLE, A.S. & VIEIRA, V.P.P.B. (2001). *Acidentes e Incidentes em Barragens no Estado do Ceará*. XXIV Seminário Nacional de Grandes Barragens, Fortaleza, CE.

MENESCAL, R.A.; FIGUEIREDO, N.N. & FRANCO, S.R. (2001). *A Problemática das Enchentes na Região Metropolitana de Fortaleza*. XIV Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Aracajú, SE.

MENESCAL, R.A.; VIEIRA, V.P.P.B; MOTA, F.S.B. & AQUINO, M.D. (1999). *Quantificação de Riscos Ambientais e Efeitos de Ações Mitigadoras – Estudo de Caso: Açude Aracoiaba*. XIII Seminário Nacional de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, MG.

MENESCAL, R.A. & VIEIRA, V.P.P.B. (1999). *Manutenção de sangradouro de açude e risco de ineficiência hidráulica*. XXIII Seminário Nacional de Grandes Barragens, Belo Horizonte, MG.

PARSONS, A.M.; BOWLES D. S. & ANDERSON L.R. Strengthening a Dam Safety Program Through Portfolio Risk Assessment. HRW, september/1999.

PEDRO, J. O.; GOMES, A. S. *O Regulamento Português de Segurança de Barragens e suas Normas Complementares*. 1° Congresso sobre Aproveitamento e Gestão de Recursos Hídricos em Países de Idioma Português – ABES, Rio de Janeiro, março/2000.

RAMOS, C. M. *Segurança de Barragens*: aspectos hidráulicos e operacionais. LNEC, ICT/ITH 38, Lisboa, 1995, 43p.

SABESP. *Manual de Inspeção de Barragens de Terra e Enrocamento*, São Paulo, 1991, 52p.

SALMON, G.M., HARTFORD, D.N.D. Risk analysis for dam safety. International Water Power and Dam Construction, pp. 42-47, march/1995.

SERAFIM J.L. Lessons from Experience and Research on the Safety of Dams. Reprint from Second International Conference on Structural Safety and Reliability, september, 1977, Munich, Germany.

SILVEIRA, A.F.; FLORENTINO C. A.; NEVES, E. MARANHA. Monitoring dams according to risk factors. Proceedings of the International Conference on Safety of Dams, Coimbra, april, 1984.

SILVEIRA, J.F.A. Análise de Risco Aplicada a Segurança de Barragens. Revista do Comitê Brasileiro de Barragens. Edição Especial, nov./99, pp. 1-42.

SRH. Apresentação de Projetos para Pequenos Barramentos – Roteiro de procedimentos, Fortaleza, 1994, 40 p.

USBR. Dams and Public Safety, 1983.

USBR. Embankment Dam Instrumentation Manual, 1987.

USBR. Operation Plan – Workforce Diversity and Equal Opportunity, 1999.

USBR. Review of Operation and Maintenance Program Field Examination Guidelines, 1991.

USBR. Risk Analysis Report – Issue Evaluation – Baseline Risk Analysis, 2000.

USBR. Safety Evaluation of Existing Dams, 1995.

USBR. Safety of Dams, Project Management Guidelines, 2000.

USBR. Standing Operating Procedures Guide for Dams, Reservoirs, and Power Facilities, 1996.

USBR. Training for Dam Operators – Instructors Manual, 1996.

USBR. Emergency Action Plan, 2000.

USBR. Guidelines for Achieving Public Protection in Dam Safety Decision Making. Denver, Colorado, april, 1997.

USBR. Design of Samall Dams, Washington, 1977.

USCOLD/ASCE. Lessons from Dam Incidents, USA, 1975.

USCOLD/ASCE. Lessons from Dam Incidents, USA – II, 1988.

USCOLD/ASCE. Lessons Learned from Design, Construction and Performance of Hydraulic Structures, 1986.

VICK S.G. Considerations for estimating Structural Response Probabilities in Dam Safety Risk analysis. USBR/TSC, Denver, CO, september/ 1999.

LISTA DOS ANAIS DO ICOLD

Congresso ICOLD	Ano	Local		Disco	Questão	Relatório	Título	Autores
		Cidade	País					
I	1933	Stockholm	Sweden	1	1B	R41	Temperature straining in thick concrete dams.	Fredrick Vogt
I				1	1B	R General	Influences Causing Distortionsin Gravity Dams.	Bo Hellstrom, M. I. Struct E., A. M. Inst. C. E.
I				1	2B	R37	The percolation of water through earthen dams.	N. N. Pavlovsky, R. N. Davidenkov
II	1936	Washington	USA	1	3A	D10	Temperrature effects in mass concrete.	N. Davey
II				1	3A	D1	Effectt of internal temperature of gravity dams on the strength of concrete.	Eiichiro Ishii
II				1	4A	D18	Contraction joints.	M. Edward Sandeman
II				1	4A	D33	Design and waterproofing of shrinkage, contraction and expansion joints in concrete dams.	M. James Williamson
II				1	4A	D62	Longitudinal contractions and expansions measured in a large concrete dam.	Felice Contessini
II				1	4A	D55	Design of shrinkage and contraction joints.	G. Westerberg
II				1	4A	D12	Constitution et atenchement des joints de retrait et de contraction et dilatation.	Henri Juillard
II				1	4A	D17	Shrinkage, contraction, and expancion joints in norris dam.	Barton M. Jones
II				1	5A	D29	Use of bituminous materials in construction of high dams.	P. D. Glebov
II				1	6A		Geotecnical study of foundation materials.	
II				1	6A	D57	Engeneering geology of dam sites.	Warrwn J. Mead
II				1	7A	D47	Characteristics of materials used in earth dam construction-stability of earth dams in cases of reservoir discharge.	A. Mayer
II				1	7A	D64	Stability of earth dams.	Feerdinando Pagliaro
II				1	7A	D20	Problems concernings stability calculation of earth dam on movement and action of infiltrating water.	Akira Takata
II				1		C16	The best means for preventing piping.	L. F. Harza
III	1948	Stockholm	Sweden	1	8A		Uplift and resulting stresses in dams.	
III				1		C06	Foundation engineering for large concrete dams.	Edward B. Burwell, Jr.
III				1	8A	R13	Pore versus crack as basis of uplift concrete.	Serge Leliavsky Bey
III				1	8A	R29	Cȏntrlo de l'étanchéité des fondations d'un Barrage.	G. Laporte
III				1	8A	R45	Methods and instruments for the measurement of performance of concrete dams of the TVA.	C. E. Blee, Ross M. Riegel
III				1	8A	R48	The effect of uplift pressure on the shearing strength of concrete.	Douglas McHenry
III				1	8A	R52	Critical exposition of the measurement of uplift pressures and stresses arising therefrom.	B. F. Jacobsen
III				1	8A	R53	Uplift area in dams.	L. F. Harza
III				1	8A	R57	Effect of hydrostatic uplift on stresses in concrete and on the stability of dams.	Erlin Reineus
III				1	9A	R. General	Methods and instruments for measuring stresses and strains in earth and concrete dams.	M. Mary
III				1	10A	R51	Seepage control for large earth dams.	Thomas A. Middlebrooks
III				1	10A	R66	Prevention of seepage and piping under dams built on permafrost and related problems connected with the design and construction of such dams.	Joseph D. Lewin
III				1	11A	R63	Repoprt on actual oobservations of hydraulic structures built with low-heat cement.	N. Royen

IV	1951	New Delhi	India	1	12A	R. General	Methods for determining the maximum flood discharge that may be expected at a dam and for qhich it should be designed. Selection of type, capacity and general arrangements of temporary or permanents outlets and spillways.	Kanwar Sain
IV				1	12A	R01	Spillway provision in dams contrrolled by Metropolitan Water sewerage and drainage board Sydney, N.S.W.	J. M. Baird, J. F. McIllwraith
IV				1	12A	R08	The arrangement and selection of spillway openings and temporary outlets in Oulujoki River.	Niilo Saarivirta
IV				1	12A	R10	Evacuateur de crues.	L. Van Watter
IV				1	12A	R36	The spillway design flood problem.	Herbert S. Riesbol
IV				1	14A	R83	Aspect economique de la sedimentation des reservoirs.	André Mizery, Maurice Rousselier
V	1955	Paris	France	2	16A	R. General	Design and construction of dams on permeable soils and methods of foundation treatment.	José Filipe Rebelo Pinto
V				2	16A	R01	Experience inthe evaluation and treatment of seepage from oparating reservoirs (*).	F. C. Walker
V				2	16A	R10	Underseepage control methods on corps of engineer projects (*).	James G. Patrick
V				2	16A	R57	The gain instablity due to pore pressure dissipation in assoft clay foundation (*).	A. W. Skempton, Alan W. Bishop
V				2	16A	R59	Stabilizing an earth dam foundation by means of sand drains (*).	G. A. R. Sheppard, A. L. Little
V				2	16A	R66	The treatment by grouting of permeable foundations of dams (*).	C. F. Grundy
V				2	16A	R74	Exit gradients inn structures on permeable foundations (*).	K. L. Rao
V				2	17A	R. General	Economics and safety of different types concrete dams.	A. Coyne
V				2	17A	R02	Bureau of reclamation experience in economics and safety of concrete dams (*).	J. J. Hammond
V				2	17A	R09	Safety and economy in concrete gravivty dams of the corps of engineers (*).	Half L. Bloor
V				2	18A	R. General	Settlement of earthdams due to compressibility of the dams materials or of the foundation soil, including earthquake problems.	Dino Tonini
V				2	18A	R03	Foundation consolidation beneath four bureau of raclamation rolled earth dams as determined from field observations (*).	E. E. Esmiol
V				2	18A	R05	Measurements of settlements at cartain dams on the TVA system and assumptions earthquake loadings for dams in the TVA area (*).	C. E. Blee. A. A. Mayer
V				2	18A	R07	Beheviour of a rolled earth dam constructed on a compressible foundation (*).	W. w. Daehn
V				2	18A	R35	Compaction of a rock-fill dam (*).	B. Hellström
V				2	19A	C11	Study on the effect of placing temperature upon the strength of mass concrete (*).	Shunsuke Takano
VIII	1964	Edinburgh	Great Britain	4	28A	R.General	Physical and mechanicalproperties of rock in situ, means of determining these properties and improving them, with special reference to the design and construction of large dams.	G. Schnitter
VIII				4	28A	R01	Foundations of the pahlavi dam on the dez river (*).	Portland P. Fox, Adolf A. Meyer Joseph A. Talobre
VIII				4	28A	R02	Chalk foundations at four major dams in the missouri river basin (*).	Underwood, Lloyd B.
VIII				4	28A	R05	In-situ testing of foundation and abutment rock for dams (*).	Rice Oscar L.
VIII				4	28A	R08	Rock foundations. Diagnosis of mechanical properties and treatment (1).	R. G. T. Lane, Bsc, MICE, MIEAust, Associate, Sir Alexander GIBB and Partners.
VIII				4	28A	R09	The determination of the strength of rock in situ (*).	A. Roberts, I. Hawkes, F. T. Williams,S. A. F. Murrell

VIII				4	28A	R26	The strain in rocks in relation to dam foundations (*).	L. Emery
VIII				4	28A	R27	Experiences with the bearpaw shale at the south saskatchewan river dam (*).	A. S. Ringheim
VIII				4	28A	R28	Tecnics for rock characteristics improvement at two dams in central apennines (Italy) (*).	Arredi Filippo
VIII				4	28A	R41	Increasing dam stability by prestressing the soil foundation (*)	Leonard Hobst
VIII				4	28A	R50B	Bearing capacity of abutments of dams, especially ams in rock.	Mueller L., Pacher F.
VIII				4	29A	C30	Pore pressure measurements in two finnish earth-fill dams (*).	Esko Arhippainen
VIII				4	30A	R10	Temperature and other factors influencing the cracking of concrete in a dam (*).	C. R. Lee, B. Sc., A.M.I.C.E.
VIII				4	31A	R02	Settlement of rockfill dams (*).	F. L. Lawton, M. D. Lester
IX	1967	Istanbul	Turkey	2	32A	R. General	The safety of dams from the point of view of the founfations and the safety of reservoir banks.	A. Bourgin
IX				2	32A	R30	TVA concrete gravity dams uplift observations & Remedial measures (*).	Floyd P. Lacy Jr., Gary L. Van Schoick
IX				2	32A	R53	The effect of charateristics of geological structure of the rock foundations of the dams their strength and stability (*).	M.M. Grishin, V. G. Orehov, V. I. Pystogov, G. I.Shimelmitz
IX				2	32A	R57	Improvements on the safety of foundations of concrete dams (*).	J. Laginha Serafim, J. Caldeiras Rodrigues
IX				2	32A	R68	Cutoff and stability measures for a dam on sand foundation (*).	Satya Prakash Garg, R. K. Agrawal
IX				2	33A	R04	The safety of dams program of the bureau of reclamation (*).	Floyd E. Dominy
IX				2	34A	R. General	The behaviour and deterioration of dams.	John P. Buehler
IX				2	34A	R12	The mechanism of dam failure (*).	Edward Gruner
IX				2	34A	R18	Seepage control measures at dams with previous foundations (*).	L. O. Emmelin, H. O. Welinder
X	1970	Montreal	Canada	3	36A	R. General	Recent developments in the dasign and construction of earth and rockfill dams.	John Lowe III
X				3	36A	R09	Some aspects of the use of stability analyses in earth dam design (*).	P. J. More
X				3	36A	R48	Determination of critical slip surface (*).	Z. Eisenstein, I. Kazda
X				3	38A	R. General	Supervision of dams and reservoirs in operation.	L. H. Dickerson
X				3	38A	R01	Control of reservoirs with regard to maintenance and safety (*).	Gunnar Fristrom
X				3	38A	R02	Control measurements on dams. Rapid survey methods (*).	R. Sinniger
X				3	38A	R03	Les sédimentations dans le bassin de compensations de palagnedra et les dispositions prises pour le déblaiement des alluvions (*).	W. Liechti, W. Haeberli
X				3	38A	R20	Major problems in the operation and maintenance of dams and reservoirs (*).	R. G. T. Lane
X				3	38A	R21	Comprehensive insurance for dams its scope and feasibilyty (*).	E. M. de Saventhem, C. A. Muller
X				3	38A	R25	Inspection and maintenance of T.V.A. dams (*).	Lloyd W. Lundin
X				3	38A	R26	Inspection and observation of completed dams on karst foundations (*).	William V. Conn
X				3	38A	R27	Inspection of federally licensed dams in united states (*).	M. F. Thomas, R. C. Price, S. C. Sargent, S. J. Occhipinti.
X				3	38A	R28	Some unusual aspects of dam safety srudies in western united states (*).	Karl V. Taylor
X				3	38A	R34	Auscultation des barrages d'électricité de France lors de leur premiére mise en charge (*).	Groupe de Travail du Comité Français des Grandes Barrages (**)
X				3	38A	R35	The organization of compulsory observation of large dams in Yugoslavia (*).	M. Rajcevic, Vojin T. Lukic

XI	1973	Madrid	Espanha	5	40A	R. General	The consequences on the environment of building dams.	Ivan Cheret
XI				5	40A	R06	Classification of risk (*).	Edward Gruner
XI				5	40A	R15	Consequences on the environment of the TVA reservoir system (*).	Reed A. Elliot
XI				5	40A	R16	Dam construction and the environment (*).	Ellis L. Armstrong
XI				5	40A	R17	A detrimental effect of dams onenviroment nitrogen supersturation? (*).	Hugh A. Smith Jr.
XI				5	40A	R21	The consequences on the environment of building dams: biological effects with special reference to medical aspects (*).	B. M. McIntosh J. H. S. Gear, R. J. Pitchford
XI				5	41A	R11	Design floods and accepted risk of failure (*).	L. Rundgren
XII	1976	Mexico City	Mexico	5	44A	R. General	Problems associated with types of fill dams.	Camille A. Dagenais
XII				5	44A	R10	Mechanical properties of rockfill soil mixtures (*).	Raul J. MarSal, Armande Fuentes de La Rosa
XII				5	44A	R16	Problems of hydraulic fill dams (*).	R. B. Jansen, G. W. Dukleth, K. B. Barrett
XII				5	44A	R31	Detarmination of crack susceptibility of clay cores in earth dams (*).	P. J. Moore, L. F. Carrigan
XII				5	45A	R. General	Leakege investigations and drainage of dams and their foundations.	J. L. Allende
XII				5	45A	R05	Performance of foundation drain systems for concrete gravity dams (*).	James A. Rhodes, Norman A. Dixon
XII				5	45A	R10	Desiggn, monitoring and maintaining drainage system of a high earthfill dam (*).	H. Taylor, Y. M. Chow
XII				5	45A	R36	A consideration on fill dams stability analyses, taking into account of seepage force under rapid drawdown of the water surface level of reservoirs (*).	Hiroia Komada, Kiichi Kanazawa
XII				5	45A	R37	Flow condition criteria and some throughflow problems in rockfill (*).	O. Solvik, R. Svee
XII				5	46A	R. General	Preliminaryplanning of dam developments.	Carlos S. Ospina
XII				5	47A	R03	Effects of some environmental factors on design and construction of teton dam (*).	Harold G. Arthur, Gustavus W. Center
XII				5	47A	R17	Quantitative analyses of reservoir sedimentation (*).	R. Partl
XII				5		C05	Hydraulic performance of a multiple reservoir system (*).	José Francisco Tellez Granados
XIII	1979	New Delhi	India	6	48A	R01	American falls replacement dam (*).	Jack H. Eakin, Dennis G. McMillen
XIII				6	48A	R45	Earth dams on rock foundations (*).	Jorge Vasquez Gonzalez, Victor M. C. Ferreira, Alberto S. da Costa Ferreira
XIII				6	49A	R01	Analyses and repair of cracking in TVA'S fontana dam caused by temperature and concrete growth (*).	Thomas J. Abraham, Richard C. Sloan
XIII				6	49A	R36	Ruptures at accidents aux barrages et recherches sur leur sécutité (*).	I. B. Sokolov, N. S. Rosaniv, A.A. Kharapkov, V. I. Sevastianov, V. S. Serkov
XIII				6	49A	R37	Désordres graves constatés sur des barrages Français (*).	Comité Français des Grands Barrages (**)
XIII				6	49A	R47	Reflections on some incidents in Spanish dams (*).	Guilhermo Gomez Laa, Manoel Alonso Franco, José Luis Romero Hernandez
XIII				6	50A	R48	Low level operational problems of outlet conduits (*).	M. K. Singhal, Jagdish Mohan, S. S. Tiagi
XIII				6	48A	R. General	Interface problems of dams.	Milton G. Speedie
XIII				6	49A	R. General	Deterioration or failures of dams.	Robert B. Jansen
XIV	1982	Rio de Janeiro	Brazil	6	52A	R37	Safety of existing earth fill dams against floods (*).	Ivan Kibast, Jaromir Parízek
XIV				6	52A	R56	Safety control of concrete dams: the role of automated procedures and management of sur surveillance (*).	R. Bonaldi, M. Fanelli, G. Giuseppetti, R. Riccioni
XIV				6	52A	R69	Rock foundations with marked discontinuities criteria and assumptions for stability analyses (*).	V. M. Souza Lima, R. A. Abrahão, R. Pinheiro, J. C. Degaspare

XIV				6	52A	R. General	Safety of dams in oparation.	Gilles Marinier
XIV				6	53A	R62	Verification and treatment of the permeability of foundations collected observations on a number of spanish dams (*).	Guillermo Gomes Laá, Alberto Foyo Marcos, Ma Carmen Tomillo
XIV				6	53A	R. General	Influence of geology and geotechnics on the design of dams.	Wolfgang Pircher
XIV				6	54A	R01	Failure of reservoir banks stability caused by wave abrasion (*).	Michal Lukac
XIV				6	54A	R16	Reservoirs shores engineering-geological and environmental aspects (*).	L. P. Mikhailov, I. A. pacherkin, S. M. Uspensky U. N. Sokolnikov
XIV				6	54A	R17	Distribution of sediment along reservoirs (*).	João S. Rocha, Luis B. da Cunha, Rui G. Henriques
XIV				6	54A	R23	Emvironmental impact and control of reservoir sedimentation (*).	H. N. C. Breusers, G. J. Klaassen, F. C. Van Roode, J. Brakel
XIV				6	54A	R24	Sediment movement through reservoirs (*).	A. Rooseboom G. W. Annandale
XIV				6	54A	C09	Improved experiments of control technique of grouting in dam foundation (*).	T. Ohno, S. Nagao, A. Mizoguchi, K. Kunii
XV	1985	Lausanne	Switzerland	7	56A	R02	Regulatory priorities in monitoring canadian dams (*).	Antony H. Tawil
XV				7	57A	R18	Concrete cracking in two dams (*).	R. Del Hoyo, M. Guerreiro
XV				7	57A	R34	Les fissures de surface (*).	A. Gallico, L. Cavalli
XV				7	57A	R43	Temperature cracking in massive concrete dams criteria of crack formation measures (*).	N. S. Rosanov, A. P. Park, V. B. Sudakov, L. P. Trapeznikoz, V. S. Shangin, A. D. Osipov, Yu. Kornev, P. I. Vasilyev, L. A. Tolkachev
XV				7	57A	C14	New coating with superior abrasion resistance (*).	D. Judex, P. Balsiger
XV				7	58A	R46	Dam foundations in rock masses. Uplift, drainage and permeability (*).	A. Alvares Ribeiro
XV				7	59A	R51	Some possibilities for increasing the discharge dapacity (*).	Ljubomir Vajda, Jelisaveta Muskatirovic
XV				7	59A	R. General	Rehabilitation of dam to ensure safety.	Raymond Lafitte
XVI	1988	San Francisco	USA	8	60A	R01	High aswan da, and environmental impact (*).	A. M. Shalaby
XVI				8	60A	R02	Environmental benefits of brazilian dams (*).	Ferdnand M. G. Budweg
XVI				8	60A	R05	Some experiences with dams, their relation to the environment and water quality (*).	K. R. Imhoff
XVI				8	60A	R06	Monitoring and prediction of environmental changes in storage reservoirs and in their vicinity (*).	W. Hrabowski, H. Ponikiewska, J. Mrozinzki, M. Spalney
XVI				8	60A	R11	Effects of nutrient load on water quality control in reservoirs (*).	Gerald Ackermann
XVI				8	60A	R12	Impacts of environmental considarations in U.S. army corps of engineers water control management (*).	Earl E. Eiker, David P. Buelow, Lynn M. Lamar
XVI				8	60A	R20	Improvement of water quality of resersvoir by selective withdrawal and its evalution (*).	Shigeru Oike, Manabu Anyoji, Toshihito Takada
XVI				8	60A	R28	Problems of water quality in reservoir (*).	L. Votruba, O. Hasík, J. Herman, J. Parizek, K. Stack
XVI				8	60A	R. General	Reservoirs and the environment experience in amenagement and monitoring.	Llyod O. Timblin Jr.
XVI				8	61A	R08	The leakage problem dam seals (*).	J. Brauns, F. P. Degen, H. Armbruster
XVI				8	61A	R30	Correction of severe seepage through an earth fill dam (*).	Ronnie M. Lemons, John Lee Rutledge, Bill R. Elsbury
XVI				8	61A	R. General	Embankment dams: impervious elements other than clay cores.	Richard W. Kramer
XVI				8	62A	R04	Measurement and analysus of cracks caused by thermal stress in mass concrete (*).	Takushi Yonezawa, Kentoro Takachi, Yoshiaki Yamaguchi, Shigeharu Jikan
XVI				8	62A	R33	Engineering and construction options for the management of slow/late alkali aggregate reactive concrete (*).	D. G. Hayward, G. A. Thompson, R. G. Charlwood, S. J. Rigbey, R. R. Steele
XVI				8	62A	R34	Construction et contrôle d'un barrage en béton compacté au rouleau (BCR): un travail d'équipe (*)	B. Bouyge, G. Garnier, A. Jansen, J. P. Martin, J. Sterenberg

XVI				8	62A	C21	Automated monitoring of embankment dams with satellite telemetry (*)	Bruce C. Murray, Jay N. Stateler, Jack Rosenfield
XVI				8	63A	R23	Spillway facilities; typology and general safety questions (*).	D. Vischer, P. Rutschmann
XVI				8	63A	R24	A study on the abnormal flood control methods by multipurpose reservoir (*).	Chi Hong Kim, Weon Sik Ahm
XVI				8	63A	R34	Design of supplementary apillway (*).	A. Sveenn, D. K. Lysne, L. E. Petterson
XVI				8	63A	R35	Overtopping ambankment dams - an alternative in accommodating rare floods? (*).	George R. Powledge, David L. Sveum
XVI				8	63A	R36	Consideration with regard to the choice of recurrence interval for a design flood (*).	John J. Cassidy, David B. Cherry, Samuel L. Hui, John E. Welton
XVI				8	63A	R37	Decision process elements to selecting solutions for hydrologic deficiencies at existing dams (*).	Neil F. Parret
XVI				8	63A	R38	Grapevine dam spillway modification (*).	Harlan E. Karbs
XVI				8	63A	R39	Determination of design flood for spillways (*).	Bi-Huei Wang
XVI				8	63A	R64	Determination of floods by statistical methods (*).	J. L. Guitart, C. Gomez-Caffarena
XVI				8	63A	R. General	Design flood and operational flood control.	Maurice Bouvard
XVII	1991	Vienna	Austria	9	64A	R07	The environmental impact balance in the descision to construct (*).	Antonio Escobar Bravo, Miguel Fernandez Bollo
XVII				9	64A	R23	Examples of water quality improvement in reservoirs (*).	S. Shimizu, A. Kawakita, T. Ito
XVII				9	64A	R37	Dams and river water quality (*).	L. O. Timblin Jr.
XVII				9	64A	R. General	Environmental issues in dam projects.	E. T. Haws
XVII				9	65A	R03	Causes of failure of the Fonsagrada dam (*).	M. Guerreiro, R. Fernandez Cuevas, Ma. Jesus Gerreiro, G. Gomez Laa
XVII				9	65A	R04	Study on the iteraction aggregate-paste in the concrete at the San Steban dam (*).	A. Gil Garcia, J. Cajete Baltar
XVII				9	65A	R12	Joint seals for hydraulic structures (*).	J. Mirza
XVII				9	65A	R13	A monitoring system to detect ageing of fill dams (*).	R. Straubhaar, H. Hägeli
XVII				9	65A	R14	Concrete properties and behaviour of an old gravity dam (*).	R. Sinniger
XVII				9	65A	R19	Long-term durability of riprap materials for rockfill dams (*).	M. Magai, S. Aoki, K. Ban
XVII				9	65A	R55	Ageing of dam concrete (*).	H. Ahmadi
XVII				9	65A	R71	Determination of the quality of flood protection dikes (*).	J. W. Sip, J. K. Van Deen
XVII				9	66A	R30	Dam on liquefiable foundation: safety assessment and remediation (*).	W. D. Liam Finn, R. H. Ledbetter, S. T. Stacy A. E. Templeton, T. W. Forrest, R. L. Fleming Jr.
XVII				9	66A	R37	A case study differential settlement of rockfill dam (*).	S. Hong, J. Sohn, G. Bea, K. Na
XVII				9	66A	R45	The long-term behaviour of dams built under difficult foundation conditions (*).	C. Lotti
XVII				9	66A	R98	Stepped spillway feasibility investigation (*).	H. O. Bayat
XVII				9	66A	R. General	Dams on difficult foundation.	Guy S. Larocque
XVII				9	67A	C18	Comments of concrete durability (*). (Spain)	Working Group on Roller Compacted Concrete.
XVIII	1994	Durban	South Africa	10	68A	R01	Dam safety surveillance in Czech Republic-A forty-year experience of the authorized organization (*).	Milos Simek, Jan Pretl
XVIII				10	68A	R04	Experiences in monitoring systems for dams with impervious core (*).	J. Renner
XVIII				10	68A	R12	Uncertainty in structural safety evaluation of dams (*).	Harald Kreuzer
XVIII				10	68A	R20	Safety assessment and stability improvement of the upstream slope of earth dams (*).	C. B. Abadjiev

XVIII				10	68A	R33	Safety assessment in concrete dams (*).	Rodrigo del Hoyo, Arcadio Gutierrez
XVIII				10	68A	R55	Safety assessment based on the observed bahavior of zoned rockfill dams (*).	Tadahiko Sakamoto, Seizo Takebayash, Akira Nakamura, Nario Yasudai
XVIII				10	69A	R36	Resettlement from reservoir area can be compatibly combined with ecology and environment protection (*).	Fu Xiutang, Tian Yide, Tian Guozhang
XVIII				10	69A	R. General	Environmental experience gained from reservoirs in operation.	B. Petry
XVIII				10	71A	C07	Evaluation measures of durability in design and construction of concrete dams (*).	Tomatsu Fujimoto, Isao Magayama, Hidetaka Kajihara, Ken-ichi Nakamura
XVIII				10	71A	C08	Seepge control and underseepage monitoring for dam foundations with multiple aquifers (*).	Tadahiko Fujisawa, Akira Nakamura, Yoshikazu Yamaguchi
XVIII				10	71A	C18	Geotechnical aspects in the safety assessment of embankment dams (*).	R. P. Brenner, M. A. Krundick, S. M. Seid-Karbasi
XVIII				10	71A	C23	Knowledge-based expert systems: an application to the safety control of dams (*).	E. T. A. Portela, H. S. Silva
XIX	1997	Florence	Italy	10	72A	C15	Study of the deterioration for rock material on rockfill dam (*).	Yoshitake Konzo, Kazuhiro Kaneko, Shinji Yanashita
XIX				10	73A	R05	Pore pressures in the puddle clay core of a dam: measurement and interpretation (*).	E. Rehfeld, E. Schulz, H. P. Otto, G. Wachsmann
XIX				10	73A	R. General	Special problems associated with earthfill dams.	J. A. Charles
XIX				10	74A	R14	Complex ecological approaches to the management and refurbishment of drinking water reservoirs (*).	P. Ditsche, H. Willmitzer
XIX				10	74A	R53	Capacity situation in Spanish reservoirs (*).	Cándido Avendño Salas, Rafael Cobo Rayán, José L. Gomes Montaña, Esther Sanz Montero
XIX				10	74A	R54	Sediment yield at Spanish reservoirs and its relationship with the drainage basin area (*)	Cándido Avendño Salas, Rafael Cobo Rayán, José L. Gomes Montaña, Esther Sanz Montero
XIX				10	74A	R. General	Performance of reservoirs.	P. Rissler
XIX				10	75A	R04	Spillway gates: will they open safely? (*).	Michael A. Watson
XIX				10	75A	R05	Dam on the Sava river for nuclear power plant Krsko - Monitoring and maintenance (*).	Bozo Kogovsek, Helmtrud Pirc
XIX				10	75A	R06	Examples of the small dams failures and breaks in the Czech Republic (*).	Jiri Polácek
XIX				10	75A	R14	Remedial works in the damaged part of the embankment dam (*).	Andrzej Fürstenberg, tadewsz Litewka, Jacek Marczewski, Wojciech Wolski
XIX				10	75A	R. General	Incidents and failures of dams.	F. M. G. Budweg
XX	2000	Beijing	China	1-V	76A	R12	Selection strategies for monitoring improvement of existing dams (*).	Stematiu, D., Hulea, D.
XX				1-V	76A	R13	Probabilistic safety assessment of dams (*).	Darbre, G. R.
XX				1-V	76A	R18	Some lessions from use of risk assessment to aid dam safety evaluation (*).	McDonald, L., Cooper, B., Wan, C. F.
XX				1-V	76A	R25	The Spanish experience in drafting emergency plans for the risk managementof dams (*).	De Cea Azañedo, J. C.
XX				1-V	76A	R. General	The use of risk analysis to support dam safety decisions and management (*).	Harald Kreuzer
XX				2-V	77A	R24	The management of environmental and social effects of the Sugarloaf reservoir and Thamson dam projects for Melbourne (*).	Casinader, R., Mayfield, C., Hill, C.
XX				2-V	77A	R25	Ecological recovery of borrow areas for Guri hydroelectric project (*).	Flores, R.
XX				2-V	77A	R34	Looking for a beach in Madrid: the use of storage reservoirs for leisure purposes (*).	Garcia Lopez, J. A.
XX				2-V	77A	R35	Benefits of dams in flood control (*).	Berga, L.
XX				2-V	77A	R. General	Benefits and concerns about dams (*).	Herman E. Roo
XX				3-V	78A	R. General	Monitoring of dams and their foundations (*).	Elmo Dibiagio